

# Undervisningen av atmosfärens kemi i grundskolan och gymnasiet

Helsingfors Universitet  
Institutionen för kemi  
Kemian opettajakoulutus,  
kemian opetuksen keskus

Tanja Häkli

Datum 19.1.2006

Pro Gradu  
Handledare: Maija Aksela

## HELSINGIN YLIOPISTO – HELSINGFORS UNIVERSITET

Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion – Faculty		Laitos – Institution – Department	
Matematiske-Naturvetenskapliga fakulteten		Institutionen för kemi	
Tekijä – Författare – Author			
Tanja Häkli			
Työn nimi – Arbetets titel – Title			
Undervisning av atmosfärens kemi i grundskolan och gymnasiet			
Oppiaine – Läroämne – Subject			
Kemiundervisning			
Työn laji – Arbetets art – Level		Aika – Datum – Month and year	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages
Pro Gradu		6.2.2006	71(+6)
Tiivistelmä – Referat – Abstract			
<p>Atmosfärens kemi tillhör, en del av miljökemien, ett omtalat ämne i samhället. Undervisningen av atmosfärens kemi bör sker såväl på grundskole- som gymnasienivå. Tillgången till lämpligt svenskspråkigt undervisningsmaterial, förutom traditionella läroböcker, är rätt obetydlig. I samband med denna pro gradu utvecklades ett digitalt undervisningsmaterial, som kan användas för att stöda undervisningen av atmosfärens kemi.</p> <p>Undersökningen strävade till att utveckla ett mångsidigt undervisningsmaterial som lämpar sig för undervisningen av atmosfärens kemi i den mån ämnet bör behandlas i grundskolan och gymnasiet. Förutsättningarna och utmaningarna som kemiundervisningen över lag står inför i dag, enligt nationella och internationella undersökningar, beaktades vid utformandet av materialet som helhet. För att stöda elevernas inläring av fenomenen i omgivningen förutsätts kännedom om hur inlärningsprocessen sker och vilka specifika utmaningar förståelsen och struktureringen av kemien omfattar. Undersökningen strävade till att hitta svar på hur ett bra undervisningsmaterial bör se ut, såväl med avseende på innehållet som presentationen av information. Beaktandet av möjligheterna och begränsningarna, samt nackdelarna för digitala undervisningsmaterial utgjorde det andra undersökningsproblemet. Undersökningen utfördes främst genom att beakta tidigare information och på basen av denna kunskap utveckla materialet, dessutom evaluerades materialet i ett tidigt skede av kemilärarstudier. Efter en utveckling utgående från litteraturen, evaluerades materialet av praktiserande kemilärare, varefter materialet fick sin slutliga struktur.</p> <p>Undersökningens centrala resultat är ett digitalt undervisningsmaterial, som lämpar sig för kemiundervisning i grundskolan och i gymnasiet. Undervisningsmaterialet finns fritt tillgängligt på Internet, vilket förhoppningsvis leder till att lärare runtom i landet kan dra nytta av det. Tillgången till liknande, alternativa undervisningsmaterial till böcker, för den svenskspråkiga kemiundervisningen är snäv. Detta material täcker endast den miljökemi som är relaterad till atmosfären. Liknande material för hydrosfären och antroposfären, samt andra delar av kemien framstår som utvecklingsmål för framtiden.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords			
Kemiundervisning i grundskolan, kemiundervisning i gymnasiet, atmosfärens kemi, utvecklingsundersökning, miljökemi			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
Institutionen för kemi, resurscentrum för kemiundervisning			

## **Innehåll**

### **Sammandrag**

sida

<b>1. Inledning</b> .....	1
<b>2. Atmosfärens kemi</b> .....	3
2.1 Stratosfärens kemi.....	5
2.1.1 Ozonskiktets förtunning.....	7
2.2 Troposfärens kemi.....	8
2.2.1 Drivhuseffekten.....	10
2.2.2 Smog.....	13
2.2.3 Sura regn.....	13
2.2.4 Luftkvaliteten .....	14
2.3 Luftföroreningar i atmosfären.....	15
2.4 Arbetet mot luftföroreningar.....	24
<b>3. Kemiundervisningen i grundskolan och gymnasiet</b>	
3.1 Allmänt om kemiundervisningen.....	28
3.2 Undervisning av atmosfärens kemi.....	34
3.3 Undervisning av praktiska arbeten.....	42
<b>4. Användning av informations- och kommunikationsteknik i kemiundervisningen</b>	
4.1 Användningen av informations- och kommunikationsteknik i undervisningen.....	46
4.2 Användningen av Internet i undervisningen.....	49
4.3 Användningen av informations- och kommunikationsteknik i praktiska arbeten.....	52
4.4 Digitala undervisningsmaterial.....	53
<b>5. Undersökningen</b>	
5.1 Undersökningens syften.....	56
5.2 Undersökningsmetod.....	56
5.3 Genomförandet av undersökningen.....	57

## **6 Resultat**

6.1 Innehållet för ett bra undervisningsmaterial, som behandlar atmosfärens kemi.....	61
6.2 Utvecklingen av undervisningsmaterialet på basen av utvärderingen och teorin.....	63
6.3 Analys av resultaten samt för och nackdelarna för användningen av digitala undervisningsmaterial.....	64
6.4 Presentation av undervisningsmaterialet.....	65

## **7. Diskussion och avslutning**

7.1 Nyttan med undersökningen.....	68
7.2 Avslutning.....	68

<b>8. Referenser.....</b>	<b>71</b>
---------------------------	-----------

## **9. Bilagor**

- frågeformulär för utvecklingen av materialet.....	77
- undervisningspaket	

## **1. Inledning**

I och med de förändringar som sker i naturen och naturkatastrofernas ekonomiska och sociala effekter är atmosfärens välbefinnande ett aktuellt tema inom media. Kyotoavtalet och diskussionen om drivhuseffekten hör till de teman eleverna kommer i kontakt med i sitt vardagliga liv, vilket ger kemiundervisningen ett ypperligt tillfälle att förknippa elevernas vardag med lärostoffet. Detta förutsätter att läraren har kunskap om temat och är intresserad av ämnet, för att hon skall kunna väcka elevernas intresse och på såvis få undervisningen meningsfull.

Kemiundervisningen bör ge färdigheter och kunskaper som eleverna behöver i det vardagliga livet (Läroplanen, 2004) Detta förutsätter en förståelse för begreppen och fenomenen som beskriver händelserna i bl.a. atmosfärens kemi. Kemiundervisningen bör göra det lättare för eleverna att knyta ett samband mellan den kemiska förklaringen till fenomen på mikronivå, beskrivningen av fenomenen på symbolnivå till de företeelser som kan observeras på makronivå. Sambandet mellan dessa nivåer är nödvändigt för att förstå kemin bakom fenomenen samtidigt som det hör till ett av kemiundervisningens centrala utmaningar (Gabel, 1999).

Atmosfärens kemi, som en del av miljökemin torde vara ett av de teman som inom kemin rätt lätt går att integrera med andra skolämnen som t.ex. biologi, geografi och historia. Ett av målen för undervisningen i dag är att integrera olika ämnen, för att eleverna därmed lättare skall kunna skapa en helhetsbild över den information som tilldelas (Läroplanen, 2004). Då jag undervisat elever på grundskolenivå har jag lagt märke till att eleverna verkar glada, då de märker att de känner till fenomenen som behandlas och torde därmed har det lättare att utnyttja sina erfarenheter och kunskap i undervisningen. Då teman som t.ex. drivhuseffekten behandlas i biologi- och kemiundervisningen har eleverna redan kunskap om fenomenet, vilket i kemiundervisningen belyses från en något annan synvinkel och därmed torde fördjupa deras kunskaper och förståelse för fenomenet.

I denna studie beskrivs miljökemin ur undervisningssynpunkt, därmed behandlas utmaningarna för undervisningen av temat. I det andra kapitlet beskrivs atmosfärens

kemi, vilket ligger som grund för det fakta som behandlas i undervisningen av atmosfärens kemi. I kapitlet beskrivs de centrala fenomenen i atmosfärens kemi samt konsekvenserna och möjligheterna som finns för att minska på de oönskade förändringarna i atmosfären. I det tredje kapitlet behandlas kemiundervisningen allmänt, samt de specifika utmaningar och förutsättningar undervisningen av atmosfärens kemi och miljökemi över lag stöter på. Därmed behandlas även den rådande inlärningssynen och arbetsmetoder som bör beaktas i kemiundervisningen. I det fjärde kapitlet beskrivs hur informations- och kommunikationsteknik kan användas i undervisningen, och vilka aspekter som bör beaktas för att undervisningen skall vara ändamålsenlig. I kapitlet utreds även villkoren för ett fungerande digitaliskt undervisningsmaterial.

Undersökningen, som behandlas i kapitel fem, var en utvecklingsundersökning, där målet var att skapa ett webbaserat undervisningsmaterial för atmosfärens kemi och utveckla materialet. Eftersom jag själv kommer att undervisa på högstadie- och gymnasienivå valde jag att anpassa materialet till de läroplaner som används på dessa nivåer. Materialet utvecklades delvis på basen av teorin som beskriver hurdant ett lämpligt digitaliskt undervisningsmaterial bör vara och delvis på basen av de skriftliga kommentarer jag fick av kemilärarstuderande och praktiserande kemilärare.

## **2. Atmosfärens kemi**

Atmosfärens kemi behandlar området som ligger mellan markytan till den övre delen av atmosfären. I denna pro gradu kommer jag att behandla atmosfären endast till en höjd på ca. 50 km där stratopausen ligger. Inverkan av mänskans handlingar kan observeras t.o.m. på denna höjd och rubbningar i stratosfären kan även ha följder för livet på markytan. Atmosfären är dock ett helhetligt system och de skilda sfärerna påverkas av varandra, varför klara gränser mellan dem ej kan bestämmas.

Atmosfären består av ett ca 100 km tjockt gasskikt som ligger ovanom markytan. Trycket, temperaturen och atmosfärens sammansättning varierar på olika höjder. Indelningen av atmosfären i delar baserar sig på temperaturförändringarna vid kritiska höjder. Övergången från en sfär till en annan sker via en paus. Pausens höjd varierar något beroende på årstid och tidpunktens väderleksförhållanden. I bilden nedan är de olika sfärerna, temperaturväxlingen, trycken samt viktiga fenomen på specifika höjder utmärkta.

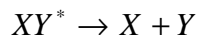
Bild 1

Höjd från markytan	Sfär	Sammansättning	Genomträngande strålning	Tryck/ Temperatur
500 km	Termosfären	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , N, O, N <sub>2</sub> <sup>+</sup> , O <sub>2</sub> <sup>+</sup> , NO <sup>+</sup> , O <sup>+</sup>		>200 K, 1*10 <sup>-2</sup> Pa
85 km	Mesopausen		>100 nm	ca. 200 K
	Mesosfären	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, N <sub>2</sub> <sup>+</sup> , O <sub>2</sub> <sup>+</sup> , NO <sup>+</sup>		
50 km	Stratopausen		> 200 nm	275 K, 1*10 <sup>2</sup> Pa
	Stratosfären	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , O <sub>3</sub>		
15 km	Tropopausen		> 330 nm	215 K, 1*10 <sup>4</sup> Pa
	Troposfären	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, Ar, CO <sub>2</sub>		vid markytan 275 K 1*10 <sup>5</sup> Pa

Nästan 80 % av atmosfären består av kväve och drygt 20 % består av syre. Trots det inverkar många andra ämnen som finns i små mängder kraftigt på livet på jorden. Allmänna reaktioner i atmosfären kan beskrivas med hjälp av termodynamiska och kinetiska processer. Viktiga reaktioner i atmosfären är fotokemiska processer som är direkt beroende av mängden solstrålning samt koncentrationen av hydroxylradikaler. Överlag är mängden fria radikaler bestämmande för de flesta reaktioner i atmosfären.



Fotokemiska reaktioner sker som följd av att föreningar mottar elektromagnetisk strålning från solen enligt följande exempel:



Absorption

2.2

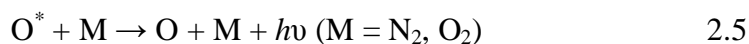
Sönderdelning

Den mest betydande fria radikalen i atmosfären är hydroxylradikalen som genom reaktioner med bl.a. kolmonoxid och metan ger upphov till andra fria radikaler.

Hydroxylradikalen bildas enligt följande reaktion:



Mängden syreradikaler ökar därmed reaktanternas mängd, vilket dock regleras genom att bl.a. kväve och syre konkurrerar med vatten om syreatomen enligt följande:



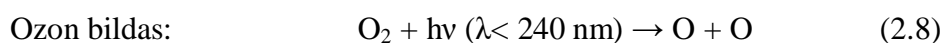
I oförorenad atmosfär reagerar hydroxylradikalen i sju fall av tio med kolmonoxid (1.7) och i tre fall av tio med metan (1.6).



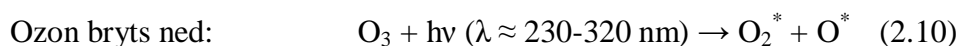
## 2.1 Stratosfärens kemi

Stratosfären ligger mellan 15 och 50 km:s höjd ovanom markytan. Stratosfären skiljs från troposfären och mesosfären i och med att temperaturen i stratosfären ökar med avståndet från markytan. Sammansättningen av stratosfären och därmed stratosfärens förmåga att absorbera strålning från solen har påverkats av människans handlingar och därmed bör denna region granskas och förändringar bör motverkas. Ozonmängden i stratosfären har en betydande roll för livet på jorden i och med att ozonet absorberar

UV-strålning, som har en letal effekt på såväl växt- och djurriket. I stratosfären absorberas våglängder mellan 200 och 315 nm. De skadligaste våglängderna är under 280 nm, UV-C-strålningen, och når ej marken. UV-B-strålningen (280-315 nm) absorberas endast delvis och är skadlig för livet på markytan, UV-A-strålningen absorberas likaså endast delvis, men är inte lika skadlig. För att ange mängden ozon, och därmed förmågan att absorbera UV-strålning används enheten Dobson (DU). Vid 0°C motsvarar 1 DU 0,01 mm ren ozon, vid STP. Ozonmängden ligger normalt mellan 250 och 450 DU. De s.k. ozonhålen som ligger vid nord- och sydpolen förstärks mellan våren och hösten kan ha värden under 150 DU, vilket innebär att mängden ozon är betydligt lägre än normalt. På sydpolen är ozonskiktet något tunnare och ett ozonhål har även observerats, d.v.s. ett område som inte täcks av ozon. Mängden ozon varierar på olika regioner och vid olika tidpunkter på året, medan den kraftiga ozonminskningen främst gäller de polara områdena. Ozonskiktet är tjockast på ca 25-35 km:s höjd ovanom markytan vid ekvatorn. Förklaringen till variationen av ozonlagret är något komplex, i och med att ozon delvis produceras och bryts ned naturligt, och koncentrationerna av flera ämnen samt strålmängden etc. inverkar på balansen i systemet. Mängden solljus, höjden och vindarna bidrar kraftigt till ozonmängden. Detta innebär att ozonkoncentrationen och produktionen av ozon inte är direkt proportionella mot varandra. Chapmans cykel beskriver hur ozon bildas och bryts ner som följd av energin från solen:



( M är t.ex.  $\text{O}_2$  eller  $\text{N}_2$  )

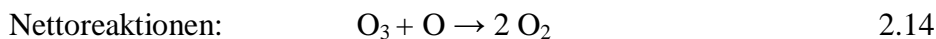


( \* betecknar ett exciterat tillstånd )

Det avgörande steget för ozonjämvikten är reaktion 2.2, i och med att 2.1 sker rätt snabbt.

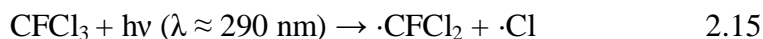
### 2.1.1 Ozonskiktets förtunning

Chapmans cykel beskriver endast nedbrytningen av ca 20% av ozonet. Redan på 50-talet anades det att HO<sub>x</sub>-föreningar deltar som katalyter i nedbrytningsprocesser av ozon, medan man först på 70-talet bevisade de katalytiska processernas betydelse bl.a. för NO<sub>x</sub>-föreningarna. Största delen (80%) av ozonet bryts ned genom reaktioner med bl.a. HO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, ClO<sub>x</sub>, Cl, Br och CFC-föreningar som katalyter. Reaktionerna sker ofta genom följande mekanism:

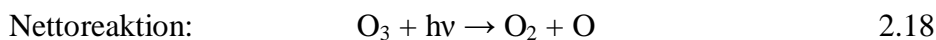
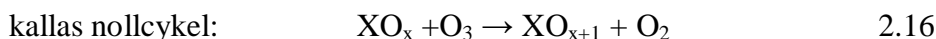


X motsvarar i allmänhet HO<sub>x</sub> (·H, ·OH, HOO·), NO<sub>x</sub> (·NO, ·NO<sub>2</sub>), ·Cl, ·Br eller ClO<sub>x</sub> (·CL, ClO·). Katalyternas betydelse för nedbrytningen av ozonet varierar beroende på höjden ovanom markytan, t.ex. HO<sub>x</sub>-föreningar deltar i 70 % av ozonets nedbrytning vid 50 km:s höjd, medan NO<sub>x</sub>-föreningar deltar i ca 70 % av ozonets nedbrytning vid 15 km:s höjd. CFC-föreningarna består av kol, fluor och klor, de är så gott som inerta i troposfären. Som följd av UV-strålning genomgår CFC-föreningarna en fotolytisk nedbrytning (reaktion 2.15), varefter de fria radikalerna deltar i nedbrytningen av ozon i stratosfären (reaktionerna 2.12 och 2.13).

Mekanismen för nedbrytning av CFC<sub>3</sub>:

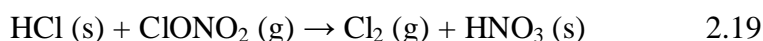


Ozonnedbrytning kan även ske som följd av solstrålningen dagtid enligt följande mekanism, som

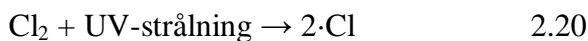


Vid polerna, där ozonskiktets förtunning är som störst, utgör omständigheterna under vintern att klorradikaler bildas effektivt. Vattenånga kondenseras p.g.a. den låga

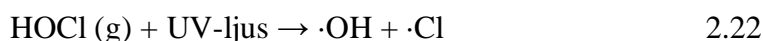
temperaturen, vilken även hindrar reaktionen 2.9 som i vanligt fall ansvarar för produktionen av ozon. Vid polen bildas en vortex d.v.s. en virvelström, som bevarar den låga temperaturen fram till våren. Kristallerna som uppstått som följd av kondensation av vattenånga bildas polara stratosfäriska moln, PSC. Då temperaturen sjunker bildas kristaller bestående av vatten och salpetersyra ( $\text{HNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ). Omvandlingen av  $\text{HCl}$  och  $\text{ClONO}_2$  till  $\cdot\text{Cl}$  och  $\cdot\text{ClO}$  sker fullständigt vid ytan av kristaller som består av vatten och salpetersyra enligt följande reaktion:



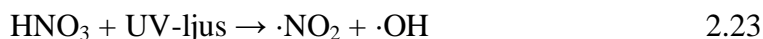
Då solljuset når klorgasen på våren bildas klorradikaler.



Däröver reagerar vattenkristallerna även med klornitrat för att bilda salpetersyra samt hypoklorsyra som solljuset bryter ner till en hydroxyl- och en klorradikal.



I och med att salpetersyran som varit i fast form under våren smälter bildas ytterligare hydroxylradikaler och kvävedioxidradikaler, som i sin tur kan binda klormonoxid och hindra ytterligare nedbrytning av ozon.



Denna reaktion hindrar ozonnedbrytningen senare mot våren och medför att nedbrytningen hämmas.

## 2.2 Troposfärens kemi

Atmosfärens sammansättning har en central roll för livet på jorden. I den torra atmosfärens naturliga sammansättning vid markytan finns främst 78,08 % (volymprocent) kväve,  $\text{N}_2$ , 20,95 % syre,  $\text{O}_2$ , 0,934 % argon, Ar och ca 0,033 %

koldioxid, CO<sub>2</sub>, samt en del vattenånga. Dessutom finns det små mängder av neon, 0,0018 %, ammoniak, 0,001 %, helium, 0,0005 %, metan, 0,0002 %, krypton, 0,00015 och ozon 0,000001%. Dessa andelar gäller för luften då man frånser vattenångan, vars koncentration varierar mellan 0,5 till 3,5%. Sammansättningen i troposfären är relativt konstant då man frånser från vattenångan. Vattenångans uppehållstid i atmosfären är ca 11 dygn, vilket är betydligt kortare än för de övriga ämnena. Luftfuktigheten anger vattenångans koncentration och varierar beroende på regionen och temperaturen.

Ur kemisk synvinkel är syreomgivningen i atmosfären central. De flesta gaserna, såväl naturliga gaser som föroreningar, som släpps ut i atmosfären kommer slutligen att oxideras och återvända till marken. Luftföroreningarna bidrar till bl.a. drivhuseffekten, den globala uppvärmningen av vår planet samt fotokemisk smog, sura regn, luftkvalitetens försämring p.g.a. fria partiklar och försämring av inomhusluften. Utsläppen i atmosfären går att minska betydligt genom medvetna miljövänligare val. Tack vare teknologins utveckling har bränslena utvecklats och industriutsläppen till luften kan oftast reduceras med hjälp av filter eller kemiska reaktioner.

Energien som når jorden kommer från den strålning solen avger, vilket kan beskrivas enligt Plancks lag för svartkroppsstrålning vid temperaturen 5800 K. Detta innebär att solen emitterar strålning med en bred spridning av våglängder, största delen av strålningen har en våglängd på ca 500 nm. Den strålning som når jorden är betydligt mindre och största delen absorberas eller reflekteras från atmosfären.

Av strålningen som når atmosfären reflekteras ca 31%, varav 17 % reflekteras från moln, 8 % från andra partiklar i luften och 6 % reflekteras från markytan. I atmosfären absorberas 23 % av strålningen, 19 % av aerosoler och ozon mm samt 4 % av vattenångan. 46 % av strålningen som når atmosfären absorberas av land och hav. Energien som når jorden förbrukas till vattnets fasförändringar, växtligheten och uppvärmning av jorden. Den kemiska sammansättningen i atmosfären och förändringarna i dessa kan bevisligen inverka på klimatet och klimatförändringar. Klimatet, d.v.s. medelvärdet av vädret under en längre period, är beroende av ett antal olika faktorer, varav atmosfärens kemiska sammansättning är den mest betydande.

Genom att beakta den strålningsmängd som når Tellus och den som avges borde medeltemperaturen vara  $-19^{\circ}\text{C}$ , vilket strider mot det uppmätta värdet  $17^{\circ}\text{C}$ . Orsaken till denna skillnad är den absorption som sker i atmosfären. Strålningen som reflekteras från jorden har lägre energi och därmed längre våglängder. Den strålning som reflekteras från markytan följer dock inte ett kontinuerligt spektrum som Plancks modell skulle förutse vid temperaturen 280 K (medeltemperaturen på jorden). Emissionen sammanfaller med modellen för de flesta våglängder, emedan områden med våglängder under  $8\ \mu\text{m}$ ,  $9\text{-}10\ \mu\text{m}$  samt  $13\text{-}17\ \mu\text{m}$  är betydligt svagare. Förklaringen till dessa skillnader är att flere föreningar i atmosfären binder strålningen vid vissa våglängder. Dessa ämnen kallas drivhusgaser och i och med att de har förmåga att binda värmestrålning i atmosfären leder ökade mängder av dessa gaser till en högre medeltemperatur på jorden.

### **2.2.1 Drivhuseffekten**

Drivhuseffekten innebär att atmosfären inverkar höjande på medeltemperaturen för en planet i och med att gaser i atmosfären absorberar värmestrålning från planeten. Drivhuseffekten kan observeras på flera planeter och har en stor inverkan på medeltemperaturen för dessa. Orsaken till, att drivhuseffekten blivit ett miljöproblem på vår planet, är att drivhusgasernas andel i atmosfären ökar vilket förstärker effekten och därmed höjs medeltemperaturen på jorden som följd av mänskans handlingar. De mest betydande absorbanterna av värmestrålning och därmed de viktigaste drivhusgaserna är vattenånga och koldioxid. Andra drivhusgaser är metan, ozon, CFC-föreningar, kväveoxider och andra aerosoler (förutom vattenångan).

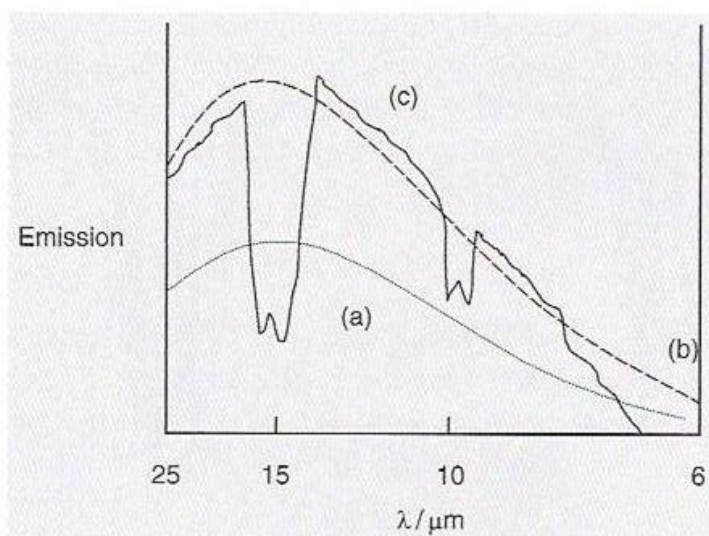
Nettoeffekten för drivhuseffekten för en gas är beroende av vilka våglängder ämnet absorberar i förhållande till de våglängder värmestrålningen, som reflekteras från jordens yta har. Absorptionsförmågan per molekyl inverkar avsevärt i och med att en liten ökning av starkt absorberande ämnen kan vara betydande. Koncentrationsökningen för gasen inverkar likaså. En ökning av halter för ämnen som redan förekommer i betydande mängder som t.ex. koldioxid, där största delen av strålningen på våglängderna, vilka koldioxid absorberar redan har absorberats, har inte en lika betydande inverkan som utsläpp av gaser som absorberar de våglängder

som i större grad tränger igenom atmosfären. Förutom de ovannämnda egenskaperna inverkar även nedbrytningstiden eller tiden en gasmolekyl i medeltal uppehålls i atmosfären på dess effektivitet som drivhusgas.

För att ange inverkningsgraden för drivhusgaser, d.v.s. hur mycket en mol av olika gaser i medeltal inverkar förstärkande på drivhuseffekten, finns två parallella system. RIRF-värden (instantaneous radioactive forcing) anger hur kraftigt drivhusgasen i fråga absorberar den infraröda strålningen från jorden och därmed inverkar på drivhuseffekten. RIRF-värden anges i förhållande till koldioxid, där koldioxid har värdet 1. GWP-värden (global warming potential) anger den potentiella inverkningsgraden gasen har på drivhuseffekten på längre sikt. GWP-värdena anges även de i förhållande till koldioxid och uträkningen av dess effekt kan integreras över lämpliga tidsintervall, vilket är väsentligt för att förutse förändringar i framtiden.

Koldioxiden har en betydande inverkan på drivhuseffekten i och med att den har en förmåga att absorbera infraröd strålning helt och hållet för våglängder mellan 15-16  $\mu\text{m}$  och 4-4,5  $\mu\text{m}$  samt en stor del av strålningen mellan 14-19  $\mu\text{m}$ . Största delen av den emitterade strålningen från jorden har våglängder mellan 10 och 25  $\mu\text{m}$ , vilket kan observeras från bild 2.1 nedan.

Bild 2.1



I vidstående bild presenterar kurva a den infraröda emissionen från en svartkropp vid 240 K, kurva b emissionen vid 280 K och c emissionen från jordens yta. Gapet vid 20-15  $\mu\text{m}$  och 10-8  $\mu\text{m}$  kan förklaras med hjälp av absorptionen av

värmestrålning som följd av drivhusgaserna på jorden. Koldioxid absorberar strålningen speciellt effektivt runt 15  $\mu\text{m}$ , tillsammans med vattenånga. Vattenånga

som består av deuterium absorberar strålning kraftigt vid ca 10 µm, liksom de flesta andra drivhusgaser. (källa: van Loon G.W., Duffy S.J., 161, 2000)

I nedanstående tabell presenteras de viktigaste drivhusgasernas förekomst, effekt och absorptionsområde för värmestrålning. I kapitel 2.3 behandlas de olika luftföroreningarna specifikt.

Tabell 2.1.

Gas	Halt i troposfären	Bidrag till drivhuseffekten	Absorptionsområde	Årlig förändring	GWP
Vattenånga			3µm, 6µm, >12µm		
Koldioxid		50 W/m <sup>2</sup>	4-4,5 µm, 14-19 µm	0,5 %	1
Metan	177 ppmv	1,7 W/m <sup>2</sup>	3-4 µm, 7-8,5 µm	0,5 %	
Ozon		1,3 W/m <sup>2</sup>	9-10 µm	-1,6 %	
Kväveoxider	312 ppbv	1,3 W/m <sup>2</sup>	3-5 µm, 7,5-9 µm	-0,3%	
CFC- och HCFC-föreningar	1-2 ppbv		8-12 µm	5 % (CFC minskar HCFC ökar)	

Halterna ppmv och ppbv anger mängden partiklar per en billjon respektive en biljon partiklar, vilket enligt gaslagarna även betyder volymandelen.

Tillsammans med koldioxid ansvarar vattenångan för den största delen av drivhuseffekten emedan vattenångan inte direkt kan räknas som en förorening. Den relativa luftfuktigheten varierar avsevärt på olika regioner och vid olika temperaturer, emedan medelvärdet globalt sett är ca 1 %. Halten vattenånga i luften påverkas inte direkt som följd av människans handlingar i betydande mån, emedan en ökning av medeltemperaturen kommer att höja luftfuktigheten i och med en kraftigare avdunstning. En ökning av medeltemperaturen på jorden skulle även leda till en ökad mängd moln, vilket å sin sida skulle minska solstrålningen som når marken, vilket däremot skulle ha en motsatt verkan på drivhuseffekten.



### **2.2.2 Smog**

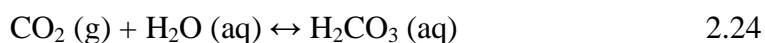
Smog är en luftförorening som kan observeras som dimma. Smogen består av fasta partiklar i gas, aerosol. Fenomenet har fått sitt namn från en kombination av rök (eng. smoke) och dimma (eng. fog). Huvudsakligen indelas smog i klassisk s.k. London smog samt fotokemisk smog s.k. Los Angeles smog.

Förekomsten av klassisk smog begränsar sig främst till storstäder där hushållen värms upp med ved, kol och därmed leder till betydande svaveldioxid- och koldioxidutsläpp samt sotpartiklar som uppstår vid ofullständig förbränning. Svaveldioxiden fungerar som ett reduktionsmedel samt förstadium för svavelsyra, vilket ger smogen dess sura karaktär. Kolpartiklarna fungerar som bas för kondensation av vattenånga, vilket leder till att dimma uppstår. Den klassiska smogen har varit ett stort problem i bl.a. London, men har minskat i och med begränsningar för utsläpp. Problemet återstår fortfarande i länder där utsläppsbegränsningarna inte är lika stränga.

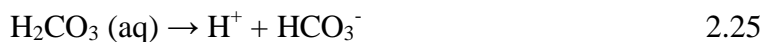
Den fotokemiska smogen uppstår som följd av ökade mängder oxiderande ämnen och reaktionsprodukter med kol i luften. Fenomenet har uppstått först under 1900-talet som följd av den ökade mängden ofullständigt förbrända kolväten och kväveoxider i atmosfären, dessa härstammar från förbränningsmotorer. Fenomenet uppstår som följd av specifika väderleksförhållanden, förutom solljus och värme förutsätts även att luften inte blandas och att en svalare luftmassa ligger omedelbart ovanom markytan, medan varmare luft samlas ovanom den svalare luftmassan. Fenomenet är ett problem i storstäder som Los Angeles, Mexico City, Kairo, Jakarta och Peking m.fl.

### **2.2.3 Sura regn**

Sura regn utgör ett betydande miljöproblem på många områden i dag. Termen sura regn inkluderar även sur smog och surt nedfall i form av snö som följd av ökad surhet i atmosfären. Surheten i regnet har stigit som följd av bl.a. ökade svavelhalter. Naturligt regn är surt i och med att koldioxid reagerar med vatten och bildar bikarbonat enligt följande reaktion:



Bikarbonaten kan avge en proton som bidrar till att regnets naturliga pH-värde är 5,6:



Till surt regn räknas därmed regn med pH-värden under 5. Surt regn orsakas huvudsakligen av svavelsyra och salpetersyra vilka uppstår då svaveldioxid och kväveoxider reagerar i atmosfären. De sura regnen bidrar till försurning av sjöar, vattendrag och jordmånen, vilket minskar bl.a. fiskebeståndet. Byggnader och statyer runt om speciellt i Europa har fått märkbara skador som följd av sura regn. Svaveldioxiden är även hälsovådlig för människan, man har bl.a. observerat att ökade svaveloxidhalter bidrar till en ökning i dödligheten bland människor. För växter är skadorna märkbara redan som följd av lägre halter. Barrträden skadas av svaveloxiderna och lavar, som är speciellt ömtåliga, växer inte överhuvudtaget där svaveloxidhalterna är höga.

#### 2.2.4 Luftkvaliteten

Luftkvaliteten såväl inomhus som utomhus är ofta bristfällig. Speciellt i storstäder kan utomhusluftens kvalitet vara mycket dålig som följd av energiförbrukningen. Förbränningen av fossila bränslen i bilar, uppvärmning och nedkylning av hus, energiproduktionen och industrin ligger som källor för föroreningarna. I Finland mäts svaveldioxid, kväveoxider, kolmonoxid, ozon, TRS-föreningar, bensen, toluen, xylol, metan samt PM<sub>10</sub>- och PM<sub>2,5</sub>-partikleutsläpp i realtid ([http://www.fmi.fi/tuotteet/tutkimus\\_4.html](http://www.fmi.fi/tuotteet/tutkimus_4.html)). Oroväckande halter av ovannämnda ämnen nås i miljonstäder, där halterna ofta överskrider världshälsoorganisationens (WHO:s) rekommendationer.

Inomhusluftens kvalitet varierar naturligtvis märkbart beroende på utrymmet och användningsändamålet. Omgivningens luftkvalitet inverkar betydande i och med att luften alltid cirkulerar i någon mån. Hastigheten på cirkulationen inverkar även betydande på luftkvaliteten, utsläpp som produceras inomhus samlas effektivare ju

långsammare cirkulationen är. Byggnadsmaterialen inverkar även på inomhusluftens kvalitet i och med att de kan avge exempelvis formaldehyd eller radon (eller alfastrålningskällor). Trots allt utgör de handlingar som utförs i utrymmet ofta den mest betydande faktorn då det gäller luftkvaliteten inomhus. Uppvärmning med ved, tillredning av mat med hjälp av gasspis, tobaksrök, städande med rengöringsmedel som innehåller flyktiga substanser och torkandet av damm är alla faktorer som inverkar på inomhusluften i betydande mån. I Finland uppgår radonhalter på områden i bl.a. östra Nyland till över 500 Bq/m<sup>3</sup>. Gränsvärden för radonhalter, enligt social- och hälsovårdsministeriet, i nya hus är 200 Bq/m<sup>3</sup>, medan halterna i äldre hus får vara upp till 400 Bq/m<sup>3</sup> (<http://www.stuk.fi/>).

## 2.3 Luftföroreningar i atmosfären

Största delen av luftföroreningarna härstammar från industrin och trafiken. Elproduktion, transport samt industriella processer belastar miljön.

För föroreningarna i naturen beskylls syntetiska kemikalier och deras uppfinnare, emedan största delen av problemen under de senaste årtiondena har lösts tack vare kemin och vetenskapliga metoder. En strävan till att minska utsläppen råder dock i världen. Tidigare trodde man att utsläppen, d.v.s. kemikalierna skulle assimileras av naturen och bilda mindre skadliga produkter eller spädas ut i naturen så att halterna skulle bli obetydliga och oskadliga. På 60- och 70-talet lät en slogan "the solution for pollution is dilution". Senare har man observerat att vissa syntetiska kemikalier som t.ex. DDT inte bryts ner i naturen tillräckligt snabbt. Kvicksilverföreningar och CFC hör även till ämnen som inte bryts ner och som inverkat på bl.a. djurens hälsa. Trots att användningen av pesticider som inte bryts ner har minskat sedan 70-talet har man dock inte ännu nått en nollpunkt. I dag behandlas giftiga biprodukter vid industrin genom att t.ex. bindas vid andra ämnen och sedan lagras genom landfyllning medan ämnen i gasform kan samlas upp i skorstenarna och omvandlas till fast form. Dessa kan samlas upp genom lämpliga kemiska reaktioner. Skadliga föreningar kan dock sällan förstöras helt och hållet, utan binds till en förening som gör ämnet mindre skadligt. Lösningar där de skadliga reaktanterna medvetet uppsamlas kallas en-off-pipe lösningar. Green Chemistry ställer upp grundprinciper för hur man inom den

kemiska industrin kan sträva till att minska utsläppen. Ersättandet av skadliga kemikalier till mindre skadliga i olika processer, samt användningen av minsta möjliga mängd skadliga ämnen är ett exempel av gröna kemins mål, vilka behandlas utförligare i slutet av kapitlet.

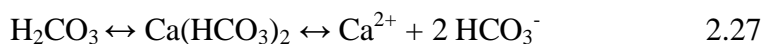
En förorening är en förening, ett ämne eller en blandning av dessa vars halt i naturen som följd av människans handlingar överstiger den naturliga halten. Gemensamt för föroreningar är dessutom att de är skadliga för människan, djurriket eller växtriket. Nedan behandlas de mest betydande föroreningarna i atmosfären enskilt.

### **Koldioxiden**

Koldioxidhalten i luften har stigit under de senaste årtiondena. I luftens naturliga sammansättning finns det ca 0,03% (volymförhållande)koldioxid. Gasen är nödvändig för växternas assimilation och variationer i mängden växtlighet inverkar därmed på koldioxidhalten. Förbränning av skog och ängar, mängden djur samt vulkanutbrott inverkar på koldioxidhalten naturligt. Mängden koldioxid som är bunden till havs- och landområden har även betydande inverkan på den naturliga variationen av halten i luften.

Koldioxidens naturliga kretslopp är mångfacetterat, det grundar sig huvudsakligen på behovet av energi i motsats till de flesta andra föreningars kretslopp, vars huvudsakliga förekomst är beroende av kemiska substansers koncentrationer i omgivningen. Huvudsakligen fungerar kretsloppet för koldioxid genom att organismer bildar koldioxid genom utandningen som växterna upptar och omvandlar till syre genom fotosyntesen. Kretsloppet kan vara relativt snabbt, beroende på vilka växter som binder koldioxiden. Träd och andra långvarigare organiska material binder koldioxiden en längre tid. Koldioxidhalten i atmosfären varierar även något beroende på årstiden. I och med att största delen av växtligheten ligger norr om ekvatorn och fotosyntesen är effektivast under våra somrar kommer koldioxidhalten att vara något lägre under sommaren medan fotosyntesen är långsammast under vintrarna och därmed leder till en något högre koldioxidhalt. Under vintrarna norr om ekvatorn åtgår även en större mängd energi till uppvärmning, vilket framhäver denna årstidsväxling.

Koldioxidens kretslopp i vattnet är något mer komplext. Koldioxid binds i vatten som karbonater( $\text{CO}_3^{2-}$ ) och bikarbonater( $\text{HCO}_3^-$ ) (reaktionerna 2.31-2.33), som fungerar som en reservoar för koldioxid.



Eftersom koldioxid i vattnet även binds som följd av vattenväxtlighetens fotosyntes förskjuts jämviktsreaktionen mot utgångsämnen, mot vänster (Campbell R.M, 1999). En del av koldioxiden, som i havet bundits som karbonater, kommer även att friges som koldioxid i samband med vulkanutbrott. Detta sker mycket senare, då kontinentalplattornas rörelse har transporterat karbonatlagret ner till varmare skikt i en skarv.

Balansen i koldioxidens naturliga kretslopp rubbas dock som följd av mänskans handlingar. Detta leder till en ökning av halten som följd av förbränningen av fossila bränslen och minskandet av växtlighet främst i form av skogshyggen.

I atmosfären har koldioxidhalten en avgörande betydelse för livet på jorden eftersom koldioxiden bidrar till värmehushållningen. Koldioxiden i atmosfären har en förmåga att absorbera strålning på betydande våglängder av värmeinstrålningen som reflekteras från jorden. Koldioxidutsläppen som följd av mänskans handlingar utgör årligen en frigivning av ca 7 Gt kol (bundet till syre). Tre fjärdedelar av denna mängd frigörs genom förbränningen av fossila bränslen och en fjärdedel friges som följd av förändringar i utnyttjandet av landområden (minskning av skogsareal etc.). Av dessa 7 Gt kol kommer 2 Gt att bindas i havet, 2 Gt i växter som följd av ökad tillväxt, medan de resterande 3 Gt samlas i atmosfären. Detta innebär en ökning på 1,5 ppmV årligen, vilket är en ökning på 0,5 % av den totala halten, som ökar värme/energiabsorption i atmosfären med ca 50 W/m<sup>2</sup>(van Loon G.W., Duffy S.J.,163, 2000). Som följd förstärker denna ökning av koldioxidhalten globala problem som drivhuseffekten, var koldioxiden utgör en betydande faktor.

Koldioxid bildas då organiska ämnen förbränns vilket sker vid användningen av fossila bränslen. En ofullständig förbränning av koldioxid medför bildning av kolmonoxid. Kolmonoxid bildas ofta vid förbränningar i hus, där syretillgången är begränsad men även bilar som går på tomgång orsakar kolmonoxidutsläpp.

Koldioxidutsläppen kan minskas genom att minska förbrukningen av fossila bränslen. Planteringen av ny skog har en relativt liten inverkan eftersom skogen huggs ner i större mängder globalt sett.

Kemiska förklaringen till förbränning kan ses i följande reaktionslikheter:

Fullständig förbränning:



Ofullständig förbränning:



Det bildas sot, C, kolmonoxid, CO och vatten, dessutom återstår oförbränt bränsle. Kolmonoxiden, som bildas vid ofullständig förbränning, orsakar bl.a. försämring av inomhusluftens kvalitet. Kolmonoxiden kan hindra syretillförseln till cellerna i och med att gasen har en förmåga att binda sig vid hemoglobinet och därmed ersätta syre.

### **Svaveloxider**

Svaveloxider uppstår som oxider över lag genom förbränning. Globalt sett härstammar största delen av svaveldioxidutsläppen från vulkanutbrott och produkter vid nedbrytning av växter, vilket dock inte förklarar orsaken till svaveloxidernas stora halter vid storstäder. Den huvudsakliga källan för svaveldioxidutsläpp som resultat av människans handlingar är energiproduktionen vid framställning av energi från stenkol som innehåller 0,5-5 % svavel. Svavelmängderna kan minskas betydligt och variationerna i olika bränslen är stora. Ungefär hälften av svavlet kan upptas då kolet pulveriseras innan förbränningen mekaniskt, medan den resterande delen är bundet till kolstrukturen och kräver dyrare reningsmetoder. I stenkol finns ca 0,5-5% svavel, i olja 0,1-3% svavel, medan svavelhalten i naturgas är försumbar i och med att den renas under produktionen. Vätesulfid och svaveldioxid avlägsnas dock vid

framställningen av naturgas. Vätesulfid och svaveldioxid reagerar enligt Claus reaktionen för att bilda fast svavel:



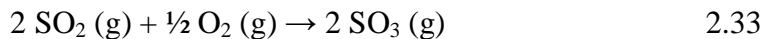
Det är väsentligt att rena bränslen från vätesulfid, vilket är en giftig förening. Genom att förbränna en tredjedel av svavlet som tas tillvara vid reningen av bränslet bildas svaveldioxid som sedan används som reaktant för att bryta ned vätesulfiden. Från oljeindustrin härstammar även andra utsläpp som innehåller svavel, bl.a.  $\text{CH}_3\text{SH}$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{S}$  och  $\text{CH}_3\text{SSCH}_3$ .

Vid förbränning av svavel bildas svaveldioxid som senare kan oxideras i luften för att bilda svaveltrioxid.

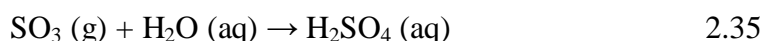
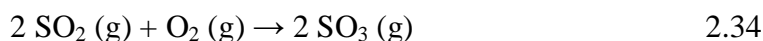
Förbränning av svavel:



Oxidation av svavel:

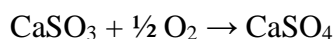


Svaveloxiderna återvänder till marken genom regn. Sura regn uppstår då svaveltrioxiden reagerar med vatten.



Genom att ersätta användningen av svavelhaltiga bränslen med dyrare alternativ som naturgas eller kol med låg svavelhalt kan utsläppen från energiproduktionen minskas. Ett annat alternativ är att på kemisk väg behandla svaveloxiderna genom att binda svavlet till kalciumsulfat. Svaveldioxiden kan till ca 95 % renas genom en våtspolningsprocess/skrubbningsprocess (flue-gas desulfurization), där svaveldioxiden renas med kalciumkarbonat. Metoden är rätt dyr men används bl.a. vid elproduktion.





2.37

### Kväveoxider

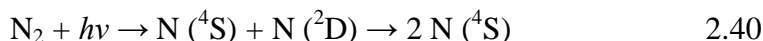
Största delen av luften består av (så gott som inert) kväve. Genom förbränning vid höga temperaturer bildas kväveoxider, då kväve reagerar med syret i luften. En del kväve härstammar även från bränslen som t.ex. trä. Små mängder kväve härstammar även från mikrobisk nitrifiering av jordmånen i tropikerna, vilket är den huvudsakliga naturliga källan. Med  $\text{NO}_x$  avses radikalerna  $\cdot\text{NO}$  och  $\cdot\text{NO}_2$ .

Dagtid bildas kvävedioxid då kvävemonoxid reagerar med ozon, vilket är en av orsakerna till smogbildningen.

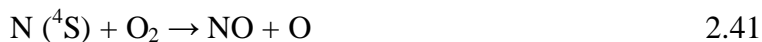
Kväveoxiderna förekommer i något mindre mängder än svaveloxiderna. Precis som svaveloxiderna bidrar även kväveoxiderna till det sura regnet. Våra andningsorgan tar skada av höga kväveoxidhalter. Kväveoxiderna bidrar även till nedbrytningen av ozon i den lägre delen av stratosfären.



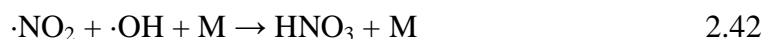
På över 30 km:s höjd från markytan kan kvävet i atmosfären genomgå fotolytisk nedbrytning som följd av solstrålningen.



Då kväve, med högre translationsenergi, reagerar med syre bildas hädanefter kvävemonoxid.



Rening av kvävedioxid sker huvudsakligen genom oxidering till salpetersyra, där M är en katalysator.



Med hjälp av katalysatorer kan kväveoxidutsläppen från bilarnas avgaser minskas. I hushåll där gasspis används är  $\cdot\text{NO}_2$ -halterna högre och de utgör ett av inomhusluftens utsläpp.



## CFC-föreningar

CFC-föreningar består av kol, fluor och klor. De har en lång uppbevaringstid i atmosfären. I och med Montreal-protokollet 1995 har föreningarna förbjudits och ersatts med HCFC-föreningar, vars livstider är kortare. Föreningarna kan dock tas till vara i och med att användningen koncentrerar sig till kylapparatur. CFC-föreningarna är dock effektiva absorbenter av värmestrålningen från jorden och bidrar därmed till drivhuseffektens förstärkning redan i små mängder.

## Ozon

Ozon är en luftförorening i troposfären i och med att den bidrar till förstärkningen av drivhuseffekten, medan gasen är livsviktig i stratosfären. Kvävedioxidutsläppen från energiproduktionen och trafiken bidrar till att ozonhalten i troposfären ökar i och med att kvävedioxiden reagerar med syre.

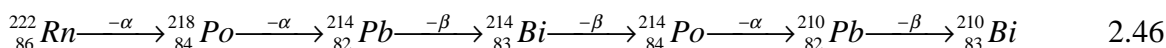


## Radon

Berggrunden, speciellt granit, innehåller uran vars radioaktiva sönderfall ger upphov till bl.a. radonutsläpp. Sönderfall till radon sker via ett antal mellansteg från uranisotopen  $^{238}\text{U}$ . Radon och helium är de enda gaser som bildas vid sönderfallet och är därmed flyktiga. Radon sönderfaller från radium genom alfasönderfall:



Trots att radons halveringstid är endast 3,8 d hinner gasen tränga ut i atmosfären från berggrunden för att ansvara för ca hälften av radioaktiviteten vi utsätts för. Eftersom radon är en ädelgas och inert gas är den inte i sig själv skadlig, emedan dess radioaktivitet leder till att polonium, vismut och bly produceras vilket innebär att skadliga alfapartiklar frigörs.



De första sönderfallet sker med halveringstiden 3,8 d, varefter de tre följande dröjer flera månader. Polonium sönderfaller dock till bly på under en sekund, medan bly sönderfaller till vismut på 22 år. De långa halveringstiderna i sönderfallet från radon till vismut innebär att den gas som andas in med största sannolikhet inte bevaras i kroppen vid halveringens sista skede. Kroppens vävnader tar mest skada av alfapartiklarna, medan betapartiklarna anses vara oskadliga för människan.

## Metan

Metan, CH<sub>4</sub>, bildas då organiska föreningar reagerar med vatten i syrefattiga förhållanden. Metan avges bl.a. från våtmarker (kärr, myrar), som resultat av ofullständig förbränning av fossila bränslen, landfyllningar, från matsmältningssystemet hos boskap, risodlingar samt från förbränning av biogas. Därmed är metanutsläppen störst i fattigare länder där boskapen och risodlingar är viktiga inkomstkällor. 60-70 % av metanutsläppen orsakade av människans handlingar härstammar dock från fossila bränslen och landfyllningar. Sediment under glaciärer och oceaner innehåller uppskattningsvis 1·10<sup>17</sup>kg kol i form av metan bundet till vatten, som klatratförening (strukturtyp) CH<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O, vilket som följd av en temperaturökning kan frigges. I fall denna metanmängd skulle frigges skulle det ha en betydande inverkan på drivhuseffekten. Sönderdelning av metan sker främst genom reaktioner med hydroxidradikaler där metan oxideras enligt följande reaktion:



Metanradikalen kan därefter reagera vidare. Några procent metan läcker ut i stratosfären där gasen reagerar med en hydroxylradikal, klor, brom eller syre i exciterat tillstånd vilket innebär att vattenånga produceras. I och med att detta skulle förstärka drivhuseffekten, kan det leda till ytterligare metanutsläpp vilket leder till ett ekorrhjul där följderna stärker varandra (positiv feedback).

I luften finns även en mängd fasta partiklar som härstammar från trafiken, energiproduktionen, industrin och förbränning av ved. I Finland är den huvudsakliga källan trafiken som lyfter upp gatudamm på andningshöjd, speciellt under våren då gatorna renas. Små partiklar kan även färdas tusentals kilometer i luften, vilket innebär att bl.a. utsläpp från de baltiska länderna och Ryssland inverkar på

luftkvaliteten i Finland. Klassificeringen av partiklarna sker utgående från deras storlek. Ultrafina partiklar har en diameter på under 0,1 µm, de kan tränga in i blodomloppet via lungorna. Fina partiklar har en diameter på 2,5 µm och kan uppbevaras i luften flera dagar, då de inandas kan de tränga ända in i lungalveolerna. Grova partiklar, vars diameter är mellan 2,5 och 10 µm, kan ännu tränga in i de övre andningsorganen, och är därmed skadliga. Partiklar med diameter över 10 µm, som exempelvis pollen, kan vara irriterande men de är för stora för att tränga in i andningsorganen. Halterna för partiklar med diameter under 2,5 µm och 10µm betecknas med PM<sub>2,5</sub> respektive PM<sub>10</sub>, dessa partiklars halter följs med i realtid.

Genom att sköta reningen av gator effektivt t.ex. genom att suga upp dammet, binda dammet med vatten eller saltlösning samt genom att välja grövre sand sparsamt kan gatudammet minskas betydligt. Rening av inomhusluften med hjälp av filter renar ca 95 % av partiklarna, men de skadligaste fina och ultrafina partiklarna återstår.

Bedömningen av naturens förorening görs på basen av halten för ämnet i omgivningen. Gränsen för ämnens skadliga halter är specifika d.v.s. varje förorening har ett bestämt riktvärde och ett gränsvärde som anger maximala halten av föroreningen i sin omgivning.

I atmosfären mäts bl.a. att riktvärdet följande föroreningar inte överstigs:

Ämne	Riktvärde (20°C, 1 atm)	Definition
Kolmonoxid, CO	20 mg/m <sup>3</sup>	Max. värde under en timme
	8 mg/m <sup>3</sup>	Medelvärde under 8 h
Kvävedioxid, NO <sub>2</sub>	150 µg/m <sup>3</sup>	Medelvärde under en månad
Svaveldioxid, SO <sub>2</sub>	250µg/m <sup>3</sup>	Medelvärde under en månad
Fria partiklar	50 µg/m <sup>3</sup>	Årets medelvärde

Riktvärdena kunde lika väl ges som t.ex. mängden mol per liter eller antal gasmolekyler per kubikmeter emedan en gemensam överenskommelse om enheten saknas.

## 2.4 Arbetet mot luftföroreningar

Grön Kemi fokuserar på kemins möjligheter ur miljösynpunkter.

Begreppet grön kemi (eng. green chemistry) togs i bruk i slutet av 1900-talet. Grundaren till grön kemi kan anses vara Paul Anastas. Han definierade ”grön kemi” som utnyttjandet av de principer som reducerar eller minskar användningen av skadliga ämnen eller reducerar användningen av dessa inom planering, produktion och tillverkning av kemikalier. Meningen med grön kemi är att undvika belastningen på naturen i samband med kemiska processer. Biverkningar på människan, djurriket, närliggande omgivningen och globala effekter bör beaktas. Kemikalieproduktion förutsätter beaktandet av kvalitet, säkerhet, effektivitet, användbarhet samt ekonomiska förutsättningar. I och med den gröna kemin utgör beaktandet av skador på hälsan och miljön en viktig del i kemikalieproduktionen. I och med en högt utvecklad teknologi är det i dag möjligt att beakta och minska på belastningen på omgivningen. Förverkligandet av grön kemi förutsätter att behovet för skadliga ämnen fullständigt ersätts med miljövänligare produkter. Detta kräver teknologiska tillämpningar på industriella processer, utveckling av miljövänliga metoder samt kemikalier och utveckling av processer för undersökning av biverkningar på omgivningen.

Följande tolv punkter utgör kärnan för gröna kemin:

- 1) Sträva till preventiva åtgärder för att undvika utsläpp, rening av utsläpp kräver energi och kan bidra till ytterligare utsläpp.
- 2) Atomekonomi, vilket innebär att utgångsämnen i produktionen i högsta möjliga grad ingår i produkten. På så sätt minskar biprodukterna och därmed avfallet.
- 3) Syntetiska metoder bör planeras så att ämnena som används inte skadar människan eller naturen.
- 4) Kemiska produkter bör planeras så att effektiviteten inte minskar fastän miljöaspekter beaktas i produktionen.
- 5) Lösningssmedel och andra ”hjälpföreningar” som används för produktion av kemikalier bör undvikas. De flesta kemiska reaktioner sker med hjälp av någon hjälpförening och t.ex. lösningssmedel kan inte alltid undvikas, men

karcinogena lösningsmedel (som metylenklorid, kloroform, koltetraklorid) kan ofta ersättas.

- 6) Energibehovet för produktionen bör minimeras. Uppvärmning samt nedkylning (vid starkt exoterma reaktioner) bör minskas genom utveckling av reaktionsprocessen.
- 7) Reaktanterna och utgångsprodukterna bör vara förnybara om möjligt.
- 8) Onödiga tillverkningar av derivat bör undvikas, t.ex. skyddandet av alkohol genom att omvandla alkoholgruppen till eter under oxidationsreaktioner.
- 9) Användningen av katalyter i mån och möjlighet.
- 10) Kemikalierna bör planeras så att de bryts ner utan att skada omgivningen.
- 11) Analysmetoder bör utvecklas så att bildningen av skadliga ämnen kan upptäckas omedelbart och därmed kontrolleras.
- 12) Genom att välja oskadliga ämnen i produktionskedjan kan risken för olyckor minskas.

Dessa principer beskriver rätt bra hur miljön beaktas ur kemins synpunkt och det vore nyttigt att blivande lärare känner till dessa, för att kunna undervisa om de sätt man inom kemin strävar till att beakta miljön (Anastas P., Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University press 1998).

För att minska på luftutsläpp finns många metoder.

- En effektivare förbrukning av bränslen innebär att utsläppen minskas i och med att mindre bränsle åtgår.
- Genom att använda förnybara energikällor som sol-, vind- och vattenkraft slipper man avgaser. Kärnkraftverkens utsläpp belastar ej heller atmosfären, men däremot bildas problemavfall.
- Bränslen kan renas innan de används för att t.ex. reducera svavel- och blyhalten.
- Efter förbränningen kan även utsläppen minskas med kemiska processer t.ex. katalysatorer, våtspolning/scrubbing och filter.
- Utvecklingen av alternativa kemikalier, t.ex. för att minska på ozonlagrets nedbrytning.

Den finansiella sidan utgör ofta en begränsning för dessa metoder. Det gäller för industrin att hitta en balans mellan hur mycket och på vilket sätt utsläppen minskas. Eftersom största delen av utsläppen i atmosfären härstammar från industrin, elproduktionen och trafiken är det viktigt att reningsmetoder används inom dessa områden.

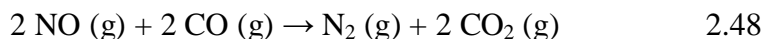
### **Minskandet av utsläpp i trafiken**

Generellt finns det tre olika sätt att minska trafikutsläppen.

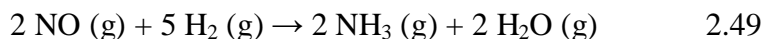
1. Genom att välja kollektivtrafik och minska på användningen av personbil, flyg etc. kan även utsläppen minskas.
2. Kväveoxidutsläpp och kolmonoxidutsläpp från bilar kan reduceras med hjälp av katalysatorer.
3. Alternativa bränslen utvecklas, dessa kommer så småningom att ersätta bensinen i fordon.

### **Katalysatorn**

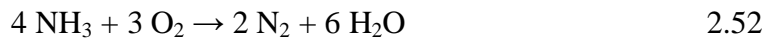
I de flesta fordon finns i dag en katalysator. Alla nya bilar samt t.ex. gräsklippare och snöskotrar förses med en katalysator. Trestegskatalysatorn renar avgaserna från kolväten som inte innehåller metan, svaveloxid och kolmonoxid. Avgaserna som bildas då bensinen brunnit leds först in i ett keramiskt material med rodium som katalyt, vilken reducerar kväveoxiden till kväve med hjälp av kolmonoxid från avgasen (2.33).



Eftersom det finns vätgas, som följd av förbränningen av bränslet reagerar denna med kvävemonoxiden för att bilda ammoniak



de resterande kolvätena, ammoniakerna och kolmonoxiden förstörs genom att leda in syre från luften till följande skede där palladium, platina,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  eller  $\text{CoO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$  fungerar som katalyt.



Katalysatorn består av stål samt ett keramiskt material som består av små hålrum för att öka den specifika ytan d.v.s. reaktionsytan. Det keramiska materialet bekläs av katalysatorämnet som har en yta på över 10 000 m<sup>2</sup> totalt. Reaktionsytan kan stiga upp till 27 000 m<sup>2</sup> för trestegskatalysatorer. Dessa innehåller ca 2 g katalytet, vilket innebär att den specifika ytan för katalysatorämnet är ca 13 500 m<sup>2</sup>/g. Katalysatorer renar avgaserna till ca 80 %, vilket kunde förbättras om katalysatorns funktion skulle vara jämn även innan den hunnit uppvärmas.

### **3. Kemiundervisningen i grundskolan och gymnasiet**

#### **3.1 Allmänt om kemiundervisning**

Målen för kemiläraren är omfattande och dynamiska. Läraren skall uppmuntra eleverna till en kognitiv utveckling och försäkra att eleverna når en förståelse samt lär sig förutom kunskap även färdigheter som de kan ha nytta av i framtiden. Läraren bör följa läroplanen och bygga upp undervisningen kring dess mål. För kemiläraren innebär detta att eleverna bör lära sig begrepp som används inom kemin, de bör utöva praktiskt arbete för att lära sig färdigheter som behövs vid utförandet av laborationer och dessutom bör de tillägna sig grundläggande kunskap om kemi.

Förutsättningarna för en successiv inläring hos eleven är att läraren känner till och beaktar elevens utgångspunkt och sätt att bearbeta informationen. De mångsidiga målen för undervisningen kräver varierande undervisningsmetoder, som delvis är specifika för undervisningen i naturvetenskapliga ämnen. Forskningen berikar kunskapen om hur man lär sig kemi och problemen relaterade till inläringen. De resultat som nås borde beaktas av kemilärare för att de skall kunna utveckla sin undervisning meningsfullt.

Den rådande inläringssynen ser lärandet som en process som sker såväl individuellt som i en social omgivning. Målet med processen är att bygga upp kunskaper och färdigheter som är dynamiska och beroende av omgivningen. Undervisningen skall ske individuellt samt i samverkan med läraren och klassen. Förutom inhämtandet av konkret kunskap och utvecklandet av problemlösningstrategier skall lärandet även resultera i utvecklingen av färdigheter och samt ge förutsättningar för en fortgående inläring i och med att inläringssätt och arbetsmetoder uppövas. Den rådande inläringssynen baserar sig på den konstruktivistiska inriktningen och sker inläringen genom att eleven aktivt bearbetar den information och det material hon får utgående från sin tidigare kunskap och sina tidigare erfarenheter. Inläringen är beroende av miljön och elevens tidigare kunskap och förutsättningar.

För att eleverna skall lära sig kemi och förstå kemiska begrepp bör de kunna koppla ihop och bearbeta den information de får med den kunskap de haft från tidigare. För



att detta skall lyckas bör elevernas egen tankeförmåga och individuella arbete ligga som grund för inläringen. Eleverna bör även lära sig att bearbeta sina tankar använda dem vid nya situationer.

De allmänna målen för undervisning av naturvetenskaper är att leda eleverna till ett vetenskapligt tänkande och anpassande av kunskapen i vardagliga situationer, att förmedla en världsbild där människan står i växelverkan med omgivningen, att lära eleverna förstå teknologins möjligheter och begränsningar samt att förmedla sådana kunskaper eleven behöver för att delta och påverka i samhället gällande frågor om naturen och omgivningen (Lavonen, Meisalo, 1994). Undervisningen av kemi bör därmed basera sig på elevens tidigare kunskap. I början av kemistudierna har eleverna svårt att skapa rätt betydelse för de fundamentala begreppen inom kemin (Nakleh, 1992), vilket är en av orsakerna till att kemikunskapen kan bli bristfällig och ämnet uppfattas som svårt av eleverna. Den grundläggande kemiundervisningen skall enligt läroplanen vidga elevens kunskaper i kemi och den kemiska kunskapens natur samt ge eleven förutsättningar för att tänka naturvetenskapligt. Detta innebär att eleven skall se kemin som ett ämne som grundar sig på naturens lagbundenheter, som strävar till att förklara omgivningen utgående från dess uppbyggnad. Eleven skall lära sig betrakta fenomenen i omgivningen utgående från kemiska egenskaper hos ämnena och reaktioner mellan dessa. Detta skall bidra till att eleven skapar sig en modern världsbild som samtidigt stöder elevens personliga utveckling. Enligt läroplanen skall eleven även genom kemiundervisningen inse kemins betydelse för samhället, teknologin, omgivning och det vardagliga livet. Eleven skall få sådana kunskaper att hon i framtiden kan fatta vardagliga beslut och föra diskussioner om bl.a. energiproduktionen och miljöns välfärd ur en vetenskaplig synvinkel. Eleven skall även lära sig bära ansvar för sin omgivning, vilket antagligen syftar i första hand på miljön ur kemins synvinkel.

Kemiundervisningen skall basera sig på undersökningen och observeringen av kemiska fenomen och ämnens egenskaper. Fenomenen skall tolkas och beskrivas med hjälp av kemiska modeller och med hjälp av kemins symbolspråk. Även en matematisk behandling av fenomenen samt en modellering bör ingå i kemiundervisningen (Aksela, 2003). Kemiundervisningen bör m.a.o. ske på olika nivåer där makronivån är den nivå fenomenen kan observeras på, färgförändringar,

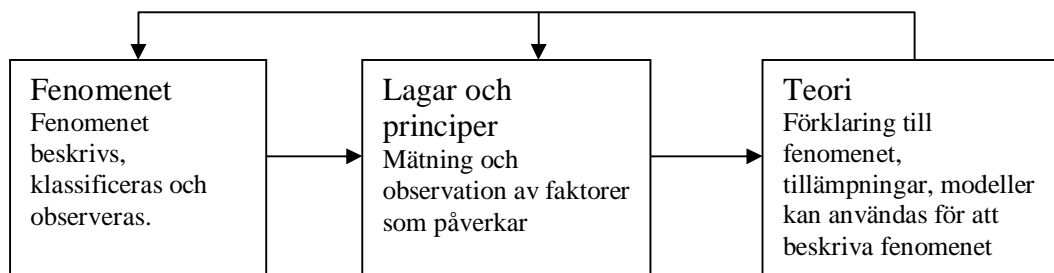
fasförändringar etc. kan observeras på makronivå, emedan den kemiska förklaringen till fenomenet kan ges på mikronivå där förändringarna förklaras på molekylnivå. Denna koppling mellan den synliga, makronivån och mikronivån har visat sig höra till en av de mest krävande delarna av kemiundervisningen. Utan bearbetning av de resultat man nått vid laborationer sker denna koppling ej, i och med att eleverna behöver stöd av läraren för att nå denna nivå. Skeendena skall dessutom kunna beskrivas på symbolnivå med hjälp av kemins symbolspråk vilket kräver förståelse av de grundläggande begreppen som atom, molekyl, jon, mol, jämvikt etc. Eleverna bör dessutom se sambandet mellan variabler t.ex. reaktionen som funktion av tiden och utgående från detta kunna tolka och beskriva fenomenen på en algebraisk nivå. (Aksela, 2003).

Undervisningen av kemi har undersökts i bl.a. *Kemian opetus tänään* undersökningen som kartlade läget i Finland 1999. Det visar sig att kemiundervisningen i gymnasiet följer läroplanen något bättre än i högstadiet där undervisningen kan avvika från den nationella läroplanen. Trots att den laborativa verksamheten enligt läroplanen bör ingå i kemiundervisningen visade det sig att i häften av gymnasierna ingår laborativ verksamhet knappast alls i undervisningen. En tiondel av högstadierna saknade laborativ verksamhet på kemilektionerna. Detta är beklagligt i och med att kemiundervisningen borde stöda sig på laborationer där fenomenen kan observeras och inte enbart konstateras av texten i boken eller att läraren säger så. Dagens humanistisk konstruktiva syn på inläringen innebär att elevens roll framhävs. För att främja denna syn bör undervisningen av kemi ligga på den nivå elevernas baskunskap ligger. Undervisningen bör vara meningsfull och motiverande. Eftersom kemiundervisningen bör binda samman kunskap, iakttagelser och aktivera eleverna skall de arbetsmetoder som väljs vara möjligast mångsidiga och förutsätta att eleverna utför tankearbetet. Den laborativa verksamheten innebär att undervisningen skall basera sig på kunskap som man fått genom observationer av fenomen, vilket kan innebära elevexperiment, demonstrationer, berättande besök eller utnyttjandet av audiovisuellt material (Läroplanen för högstadiet och gymnasiet 1994). I en undersökning som gjorts bland finländska kemilärare visar det sig att lärarna anser att eleverna lär sig kemi bäst genom att själv utföra laborationer. Eleven bör bära sitt eget ansvar för inläringen och delta i undervisningen för att nå goda resultat. Enligt läroplanen skall kemiundervisningen knytas till vardagen och den omedelbara

omgivningen, detta är motiverande för eleverna. Centrala mål i kemiundervisningen är att målmedvetet få eleverna att aktivt samla kunskap, vilket innebär att eleverna bör lära sig utföra de steg som ingår i vetenskaplig undersökning. Den vetenskapliga undersökningen tränar färdigheter som iakttagning och planering av försök, diskussion och tolkning av resultaten med vetenskapliga termer, dragandet av slutledningar och hypoteser samt testandet av dessa, kritisk evaluering av resultatens tillförlitlighet och tillämpning av kunskapen i främmande situationer.

Den naturvetenskapliga synen på inläringen ses som en process där undervisningen utgår från ett fenomen som beskrivs med modeller och principer varefter man når teorin. Processen är fortgående och teorin kompletteras ständigt då eleven lär sig nya saker (bild 3.1, Kurki-Suonio K, Kurki-Suonio R., 1994).

Bild 3.1



Strävan till att undervisningen inte skall börja vid teorin, utan efter undersökning nå teorin förverkligas som bäst genom laborativt arbete. Projekt där kemins ställning i vardagliga livet ligger som grund stöder även modellen där man utgår från fenomenet som beskrivs och undersöks för att slutligen förklaras med en modell och resultera i inläring av ny teori. Projekt som Chemistry in Community samt flera inhemska organisationer som MAOL, Kemianteollisuus, TaT etc. har även utvecklat lämpligt material för denna typ av undervisning. Enligt läroplanen skall utgångspunkten för kemiundervisningen vara ett undersökande arbetssätt där fenomen från omgivningen ligger som utgångspunkt för iakttagelser och observationer (Läroplanen för den grundläggande utbildningen, 2004). Vidare skall kemiundervisningen motivera eleven till fortsatta studier i kemi.

Inläringen av färdigheter som behövs för laborativt arbete sker främst genom att imitera, färdigheter som bör godtas under kemilektionerna är bland annat observation, användningen av laboratoriets apparatur, mätning, iakttagning, tolkning av resultat samt sociala färdigheter som förutsätts vid arbeten i grupp. Eleverna bör lära sig förstå processen se variabler, bedöma tillförlitligheten och noggrannheten, tolka grafer etc. En av svårigheterna i kemiundervisningen har visat sig vara att få eleverna att förstå kemin på mikronivå utgående från de observationer de kunnat göra på makronivå.

Den grundläggande kemikunskapen lär sig eleverna genom att läsa eller lyssna och senare kunna memorera vad som framgån. Grundläggande kunskap kan enligt den behavioristiska modellen nås genom att eleven bör utveckla sin kunskap tills hon når den vetenskapligt korrekta tanken och förståelsen.

För att eleverna skall kunna utöka sin kunskap i kemi är det väsentligt att de känner till de grundläggande begreppen och uppfattar dem rätt. Eleven skapar sin kunskap utgående från det hon blir undervisad, sin grundläggande kunskap, sin attityd, förmåga och möjligheter (Nakleh, 1992). Den kunskap eleven tar tillgodogör sig är den helhetsbild hon själv skapar ur sin egen synpunkt sett. För att kemiundervisningen skall bära frukt är det därmed skäl att de grundläggande begreppen är klara för att den senare kunskapen eleverna får, inte skall missuppfattas och leda till förvrängda tolkningar. Kemikunskapen eleverna får hänger delvis ihop med det eleven lär sig på kemilektionen av läraren, men även median och s.k. allmän kunskap kommer att inverka på elevernas uppfattningar ibland i en oönskad riktning. För att förstå materians struktur bör man t.ex. känna till en mängd begrepp och samband mellan olika fenomen, vilket gör att helheten kan uppfattas väldigt svår och blandas av en mängd missuppfattningar bland eleverna. I kemiundervisningen bör dessa missuppfattningar som framkommit i undersökningar relaterade till kemiundervisningen beaktas för att undvika dem i fortsättningen. Det visar sig även att elever i olika länder tenderar att uppvisa samma missuppfattningar av olika fenomen, vilket innebär att även utländska undersökningars resultat kan utnyttjas i undervisningen bland finska skolelever. Som kemilärare är det viktigt att framhäva den vardagligt godkända modellen eller begreppet i jämförelse med den vetenskapliga modellen eller begreppet och göra eleverna uppmärksamma på

skillnaden. Som kemilärare är det skäl att försöka ställa frågor i förhör och prov så att man kan evaluera elevernas uppfattningar och inte endast utantill läst kunskap. Detta är ett värdefullt sätt för läraren att evaluera sin egen undervisning och observera hurdana missuppfattningar en del elever kan ha (Nakleh, 1992).

Användningen av mångsidiga undervisningsmetoder i kemiundervisningen är nödvändig för att eleverna skall kunna få en helhetsbild och konstruera kunskapen. Arbetsmetoderna som används i naturvetenskapliga ämnen kan enligt Joyce och Weil (Joyce, Weil, 1980) delas in i fyra huvudgrupper:

- arbetsmetoder som utvecklar de sociala färdigheterna
- arbetsmetoder som utvecklar tänkandet och bearbetning av kunskap
- arbetsmetoder som utvecklar elevens självkänedom och personlighet
- behavioristiska arbetsmetoder

Utvecklingen av de sociala färdigheterna kan ske genom diskussioner och arbeten som utförs parvis eller i större grupper. Bearbetning av kunskap och utvecklingen av tankeförmågan bör ske aktivt och kan effektiveras genom att eleverna utför uppgifter där de ställs inför problem och genom att be eleven förklara sin tankegång. Självkänedom och personligheten utvecklas delvis genom att eleven deltar i grupparbetet och genom att eleven ställer upp mål och följer med sin utveckling. Till de behavioristiska metoderna hör bl.a. föreläsande och teoretiska övningar. Enligt undersökningen Kemian opetus tänään hör de behavioristiska metoderna till de vanligaste metoderna inom kemiundervisningen. Även sociala arbetsmetoder som exempelvis diskussioner och grupparbeten, användes enligt undersökningen ofta i undervisningen. Vissa arbetsmetoder som skulle stärka elevernas självkänedom och bearbetning av kunskap som t.ex. användningen av tankekartor, processkrivning, förhandsuppfattningarnas strukturerande (ennakkojäsentäjä) samt begreppsuppfattningar visade sig vara främmande för lärarna. Samarbete mellan skolan och industrin hör även till önskvärda arbetsmetoder, detta förverkligas oftast i form av besök till företag. En samarbetsmetod med en yttre partner som alla kan utnyttja är användningen av material som företagen byggt upp och samarbete med proffs t.ex. genom att utnyttja Internet.

Behovet av elever som läst kemi, fysik och fördjupad matematik i gymnasiet är större än utbudet och ett allmänt fenomen på teknologinriktade branscher är att de är

mansdominerade. I gymnasiet är kemikursernas antal lågt, med tanke på allt som borde undervisas. I och med den nya läroplanen som utkom 2004 ökar de fördjupade kemikursernas antal med en kurs, och är totalt 5. I gymnasiet kan undervisningsgrupperna ibland växa till alltför stora med tanke på att eleverna borde ha möjligheter att laborera. Det är även allmänt att kemilärarna i Finland ofta har fysik eller matematik som huvudämne och inte är behöriga i kemi, trots att de undervisar ämnet. Eftersom kemilärarna oftast undervisar i tre ämnen (matematik, fysik och kemi) kan de heller inte satsa tillräckligt mycket på undervisningen av ett ämne.

### **3.2 Undervisning av atmosfärens kemi**

Atmosfärens kemi behandlar såväl atmosfärens struktur som de förändringar som sker i atmosfären genom kemiska reaktioner. Eleverna borde få en helhetssyn på atmosfären och lära sig vilka möjligheter de har för att motverka oönskade förändringar i atmosfären. Medierna behandlar aktivt miljöproblem så som drivhuseffekten och den därmed uppstående globala uppvärmningen, sura regn och förtunningen av ozonskiktet. Genom att undervisa eleverna hur dessa problem uppstått och hur dessa kan bekämpas lär sig eleverna hur de kan handla i vardagen. De lär sig överväga beslut som de ställs inför gällande aktuella globala frågor. Genom att framhäva kemiska lösningar av problemen kan eleverna få en positivare bild av kemin som nyckeln till problemen och inte endast beskylla kemin för de problem vi står inför i dag.

Undersökningar gällande atmosfärens kemi i undervisningen är svåra att hitta. Det finns en hel del information om undervisningen av miljökunskap och miljöfostran, vilket även undervisningen av atmosfärens kemi i stor mån behandlar.

Miljöfostran fick sin början på 1960-talet, tanken blev allmännare på 70- och 80-talet, då konsekvenserna av miljöförändringarna kunde observeras i människornas omedelbara omgivning (Cantell H., 2004). I och med att det började ordnas internationella konferenser där miljöfrågor behandlades, kom dessa även att tas med i skolvärlden. En förutsättning för att på ett ändamålsenligt sätt utveckla miljöskydd och en hållbar utveckling över lag är att förändringarna görs på ett globalt plan.

Begreppet miljöfostran definierades officiellt först på 1970-talet, då av IUCN (världens naturskyddsförbund) som tillsammans med WWF haft en central roll för utvecklandet av miljöfostran (Cantell, 2004).

Miljöfostran har sedan 1985 hört till läroplanen för den grundläggande utbildningen i Finland. I dag ingår miljöfostran i läroplanen under namnet hållbar utveckling. Temat har traditionellt överskridit de enskilda ämnesgränserna och miljöfostran i sig är en mångvetenskaplig vetenskap. Då miljöfostran inkluderades i läroplanen skrevs det att ett av skolans centrala mål bör vara att lära eleverna förstå omgivningen, som består av naturvetenskapliga, sociala och kulturella drag. Följande läroplan som utgavs nio år senare uppgav som mål för miljöfostran att eleverna skulle lära sig värna om naturens mångfald och sträva mot en hållbar utveckling. Den nya läroplanen (Läroplanen, 2004) har lyft fram hållbar utveckling som ett centralt tema för skolundervisningen, medan termen miljöfostran ersatts av ansvar för miljö och välfärd.

Grundskolans läroplan för kemin och miljön består av ämnesspecifika mål samt integrerade s.k. temaområden. Temaområdena består av centrala områden inom skolans fostran och undervisning. Dessa mål skall ingå i undervisningen av flera läroämnen.

Det femte temaområdet i grundskolans läroplan kallas: Ansvar för miljö, välfärd och en hållbar utveckling. Till temaområdet ingår bl.a. att eleven skall lära sig:

- *att förstå nödvändigheten av miljövard, förutsättningarna för människans välfärd och förhållandet dem emellan*
- *att varsebli förändringar i miljön och i människors välbefinnande, att utreda orsaker och förutse följder och att verka till förmån för livsmiljön och för att öka välfärden*
- *att bedöma sin egen konsumtion, vilken inverkan det egna handlings sättet har och att tillägna sig sådana handlings sätt som en hållbar utveckling förutsätter*
- *att främja välfärden i sitt samhälle och att förstå hoten mot och möjligheterna till välfärd på global nivå*
- *att förstå att individen genom sina val formar såväl sin egen som vår gemensamma framtid, att verka på ett uppbyggande sätt för en hållbar utveckling.*

I och med detta temaområde fördelas ansvaret för miljöfostran på olika läroämnen. Målen förutsätter att eleven lär sig hur naturen fungerar och hur människan rubbar naturens balans. Detta förutsätter förståelse för de miljöproblem vi har i dag. Undervisningen av miljöproblemen och lösningar till dessa bör därmed ingå förutom i biologi, även i kemiundervisningen. Kemiundervisningen skall ge eleven färdigheter för att kunna fatta vardagliga beslut om bl.a. miljön, industrin och energiproduktionen. Därmed skall eleven lära sig att tillämpa de kunskaper eleven lärt sig på kemilektionerna i vardagen samt att lära sig inse vilken betydelse kemiska fenomen och kemiska tillämpningar har i samhället (Läroplanen för den grundläggande undervisningen, 2004).

Gymnasiets allmänna mål framhäver bl.a. den hållbara utvecklingen och miljöfostrans vikt. Eftersom miljökemien torde gå att integrera i varje kemikurs är det viktigt med avsikt på gymnasiets allmänna mål att detta förverkligas.

Bland annat följande mål är uppställda för gymnasiets s.k. temaområden:

Gymnasiet skall motivera eleven till att:

- *framföra motiverade uppfattningar om vilket slags framtid som bör eftersträvas*
- *bedöma den egna livsstilen och rådande trender ur ett framtidsperspektiv*
- *fatta beslut och arbeta för den framtid som de anser värda att sträva efter.*

Dessa mål förutsätter kännedom och förståelse för miljöproblem samt tillgängliga lösningar till problemen. En rätt allmän tillvalskurs för gymnasiekemi är en kurs i miljökemi. Utbudet av tillvalskurser är dock beroende av kemilärarens val och skolans ekonomiska resurser.

De centrala målen för miljöfostran är för det första att skapa ett medvetande samt omtanke för de faktorer som bidrar till omgivningens välfärd, d.v.s. att förstå sambandet mellan ekonomiska, sociala, politiska och ekologiska faktorer i omgivningen. För det andra bör kunskapen om omgivningen ökas, medan intresset, värderingarna och insynen om vad som förutsätts för miljöns välfärd anammas. För det tredje bör miljövänliga handlingsmönster ur individens, såväl som ur samhällets synpunkt, godtagas (Cantell, 2004). Genom miljöfostran skall eleverna lära sig hur man kan handskas med miljöproblemen, samt väcka deras intresse för miljön. Det är skäl att basera undervisningen på fakta om miljöns tillstånd i stället för att måla upp



hot för framtiden, vilket är allmänt då miljöproblem diskuteras. Det framkommer tudelade åsikter om miljöproblemen och lösningar för dessa, vilket gör det svårt att urskilja den väsentliga och riktiga informationen. Ett av de finska kemilärarnas önskemål är att få aktuell tillförlitlig information om miljön (Aksela, 1999), vilket inte kan kompenseras av den information som fördelas via partiska organisationer.

Faran med miljöfostran är dock att ansvaret bärs endast av några få entusiaster i skolorna, och att ämnet inte "hinner" behandlas i skolan där programmet i de flesta ämnen är rätt digert i förhållande till den tid man har till förfogande för undervisningen.

Flera undersökningar indikerar att en mängd missuppfattningar kring miljöproblemen finns såväl bland elever, som blivande kemilärare (Khalid T., 2003). En följd av att miljöproblemen är aktuella och ibland även behandlas felaktigt i media bidrar till att folk konstruerar egna uppfattningar om dessa, som dock inte har någon verklighetsbakgrund.

Skolans uppgift är att ge eleverna färdigheter att delta i beslutsfattandet i samhället. Frågor som berör vår omgivning bör behandlas så att en helhetsbild där förutom de naturvetenskapliga förklaringarna och konsekvenserna även den socioekonomiska betydelsen skapas. Finlands nationella strategi för miljöfostran publicerades 1992, denna har varit riktgivande då miljöfostran planerats. Ungdomarnas förhållande till naturen börjar utvecklas redan i ett tidigt skede (Loughland, 2003) vilket innebär att det är viktigt att behandla ämnet i skolan. Då eleven lär sig värdera miljön och hon inser att hennes handlingar inverkar på miljön kan hon betrakta dessa som mera betydelsefulla. Detta förutsätter att eleverna vet hur miljöproblem kan hanteras och att de värderar miljön.

Målen med hållbar utveckling är att nå respekt för andra människor och omgivningen på ett globalt såväl som närliggande plan. En hållbar utveckling har beskrivits som en utveckling som tillfredställer de aktuella behoven utan att beröva de kommande generationernas möjligheter att tillfredställa sina krav (Yhteinen tulevaisuutemme, 1998, Cantell, 2004). Tanken är att inte låta den utveckling som sker i samhället ske på de kommande generationernas bekostnad, den skall inte heller belasta naturen och

djurriket, vilket innebär att naturresurser bör utnyttjas sparsamt och rättvist. Den ekonomiska tillväxten bör ej ses som ett egenvärde och utvecklingen kan ej heller antas ske i positiv riktning i det långa loppet. Dessutom innebär begreppet hållbar utveckling att jämlikheten med tanke på naturresurser, hälsa, utbildning och levnadsstandard och mänskliga rättigheter bör ställas som mål för agerandet (Cantell, 2004). Eftersom dessa frågor och förverkligande av målen har olika utgångspunkter i olika stater avviker de centrala målen för förverkligande av hållbar utveckling. Medan U-länderna strävar efter att försäkra sig om tillgången på vatten och föda samt förverkligande av mänskliga rättigheter, väljer Finland att koncentrera den hållbara utvecklingen på ekologisk-, ekonomisk-, social och kulturell utveckling.

För knappt tre år sedan ordnades i Johannesburg en konferens där hållbar utveckling diskuterades. I mars 2005 utgavs en rapport om hur målen som då uppställdes förverkligats. De tre centrala globala målen som framgick var att bli av med fattigdomen, förändra produktionen och konsumtionen mot en hållbarare grund samt att i den ekonomiska och sociala utvecklingen skydda och rå över naturresurserna. Över lag anses Finland globalt sett höra till de länder där hållbar utveckling beaktas rätt väl. I Finlands plan för de kommande tio åren ingår bl.a. ökandet av användningen av förnybara energiresurser, beaktandet av de arktiska frågorna, kvinno- och hälsorelaterade frågor samt värderandet av ursprungsbefolkningar (Kestävän kehityksen toimintaohjelma toimeenpano Suomessa, 2005). De mål som kunde förknippas med kemin ligger i lösningen av miljöproblem, där bl.a. utvecklingen av energiresurser står i centrum. I avtalet nämns minskandet av utsläppen i vattendrag och rening av jordmånen där den blivit nedsmutsad, Östersjöns framtid är ett av de centrala hoten. Då det gäller atmosfären ligger Kyotoavtalets fullföljande närmast. De skadliga kemikalierna i omgivningen bör minskas, vilket innebär att utsläppen från trafiken och andra förbränningsprocesser bör minskas. Avfallen bör minskas och nyttoanvändningen bör ökas. Producenterna blir tvungna att bära ett större ansvar för förpackningarna, medan avfallshandlingens effektivitet bör ökas, bl.a. uppsamlingen av gaser från avfallet bör kunna utnyttjas energimässigt. I rapporten framgår bl.a. att man i regeringsprogrammet beaktat dessa frågor och diskussion om beskattningsförändringar som främjar den hållbara utvecklingen har diskuterats (Kestävän kehityksen toimintaohjelma toimeenpano Suomessa, 2005). Det utvecklingspolitiska programmet som godkändes i februari

2004 framhäver miljöfrågor och hållbar utveckling bör ligga som grund för alla kommande program. I slutet av förra året 8.12.2004 bestämdes om att omskriva och utveckla den nationella strategin mot en hållbar utveckling, vilket inte gjorts sedan 1992.

I den undersökning och rapport som utbildningsstyrelsen publicerat 2002 framfördes bl.a. såväl attityd som kunskapsmässiga mål för hållbara utvecklingen (Kestävän Kehityksen Edistämishjelma 2002-2004, 2002): Därmed bör man i läroinrättningar, i arbetsmiljöer och det övriga samhället förmedla kunskap om att hållbar utveckling är en förutsättning för livet i framtiden . En positiv attityd och förbindelse för att agera för en hållbar utveckling i fortsättningen samt handlingsmönster som stöder denna bör förmedlas. Kunskapen samt färdigheterna för att förstå och utveckla naturens mångfald samt en trygg och hälsosam omgivning bör ges. Som mål ställdes även att utveckla kriterierna och metoderna som kan tillämpas i undervisningen för att förverkliga de ovannämnda målen.

Ett av de centrala målen i kemiundervisningen är att ge eleverna den kemikunskap de behöver för att i framtiden kunna ta del av diskussioner och ta ställning till miljöfrågor i samhället, samt att ge dem en uppfattning om deras ansvar och möjligheter att påverka. Inom kemiundervisningen kan miljökemien inkluderas förmånligt genom tillvalskurser som ordnas på gymnasienivå, men även för elever på de högre klasserna i grundskolan. Enligt undersökningen Kemia tänään framkommer att omkring 8% av kurserna i tillvalskemi som ordnas i Finland behandlar miljökemi. (Aksela, Juvonen, 1999). Dessa andelar är riktgivande och undersökningen utfördes bland en grupp lärare. Dessa lärare var dock av den åsikten att man borde satsa allt mer på att föra kemiundervisningen närmare vardagen och öka intresset för ämnet, vilket de ansåg att kunde förverkligas bl.a. genom att öka undervisningen av miljökemi och biokemi.

Undervisningen bör basera sig på läroplanen. Den nya läroplanen för 2004 binder därmed kemilärarna till att fostra i miljöaspekter ur kemins synpunkt sett. Det har framgått i undersökningar (Hallman, 1996, McLaughlin M.W., 2003) att lärarnas egna åsikter har en betydande inverkan på den undervisning eleverna får i praktiken.

Detta innebär att lärarnas kunskap om ämnet bör vara tillräcklig och dessutom bör deras intresse för ämnet väckas för att nå ett möjligast gott resultat.

Förståelse för miljöproblemen och kunskap om lösningar för problemen kräver kunskaper i kemi och fysik. Eftersom informationen om miljöproblem ofta förmedlas av partiska organisationer är kritiskt tänkande ytterst viktigt, det är dock svårt att evaluera texter kritiskt om man saknar grundläggande sakkunskap. Genom att söka lösningar till miljöproblemen kan utvecklande problemlösningssituationer skapas.

Elevernas intresse för kemin har undersökts i bl.a. ROSE-undersökningen och Gisele-projektet (Lavonen, 2004) och det visar sig att miljöaspekter intresserar eleverna något mera än genomsnittsinnehållet i kemi. Eleverna är i allmänhet mer intresserade av den del av kemin som berör dem och kan kopplas till deras vardag. Flickornas och pojkarnas intresse för olika områden inom kemin varierar och det visar sig att flickorna i allmänhet är något mer intresserade av miljöfrågor än pojkar (Lavonen, 2004). Undersökningar om miljöundervisningens inverkan tyder på att elevernas attityder gentemot miljön påverkas positivt då deras kunskap är bättre (Loughland, 2003). Elever med mer kunskap om miljön visar sig även ha en positivare syn på miljön.

Lärarnas kunskaper och intresse inverkar på undervisningen även om och utbudet av miljökemikurser. En lösning på tidsbristen kunde vara att integrera undervisningen med biologiundervisningen, vilket dock ställer krav på såväl samarbetet med biologiläraren som på rent praktiska förutsättningar i skolan. Målen för miljöfostran har förändrats sedan den blev aktuell. Trenden anses i dag vara att i allt större grad framhäva elevernas uppfattningar, tolkningar, känslor och värderingar för omgivningen vid sidan om förmågan att söka och bearbeta fakta (Anastas, 1998).

Blivande kemilärares kunskaper i miljökemi har i en brittisk undersökning visat sig vara bristfälliga. Liknande undersökningar från andra länder har jag inte lyckats hitta. Det visade sig att studerandena inte kunde skilja på konsekvenser och principer för allmänna miljöproblem som drivhuseffekten och ozonskiktets förtunnande (Khalid T, 2003, ). Genom att aktuella naturproblem som drivhuseffekten och förtunnningen av ozonlagret är något den studerande försöker förklara utgående från en intuition, en

förklaring som inte nödvändigtvis överensstämmer med den vetenskapliga förklaringen. Detta kan även inverka i negativ bemärkelse för inläringen, vilket kan observeras genom att elever med starka förhandsuppfattningar inte modifierar sin kunskap fastän den står i strid med det som undervisats. Då det gäller miljöproblem är det allmänt att eleverna förstår fenomenen endast till en del, vilket beror på att de saknar kunskap om processerna som leder till problemen och problemens inverkan på djur- och växtriket. Lärarnas roll är central då det gäller undervisningen av miljöproblem, i och med att böckernas information inte alltid är aktuell och delvis kan vara bristfällig eller föråldrad. Genom undersökningar som t.ex. NSES (National Science Education Standards, Khalid) utfört har det framkommit att missförstånd gällande miljöproblem förekommer på alla skolnivåer. Särskilt på de sista klasserna i grundskolan skapar sig eleverna en starkare uppfattning om globala problem, vilket innebär att läraren borde anpassa undervisningen efter elevernas behov och diskutera dessa problem för att undvika missförstånd bland eleverna. Förklaringarna till och följderna av miljöproblem som t.ex. drivhuseffekten och förtunningen av ozonlagret har visat sig variera och basera sig på missförstånd bland eleverna, vilket leder till att eleverna inte känner till preventiva åtgärder och människans möjligheter att inverka på problemen.

Elever visade sig tro att drivhusgaserna bryter ner ozonmolekyler, vilket innebär att eleverna inte kan skilja på kemin i stratosfären och troposfären. Dessutom visade det sig att elever förklarar att ozonets förtunning i stratosfären beror på drivhuseffekten. Eftersom det i vardagliga sammanhang talas om ozonhål har eleverna en uppfattning att ozonlagret är ett fast lager där det förekommer hål. Eleverna borde därmed lära sig att ozonlagret är ett område i stratosfären där ozonmolekyler förekommer i större koncentrationer och förtunningen på vissa områden är det vi kallar ozonhål. På sydpolen har dock hål, d.v.s. områden där ozonhalten är så gott som noll, upptäckts. Missförstånd gällande ozonlagrets inverkan på medeltemperaturen på jorden har även visat sig vara allmänna. Eleverna tror även att en ökad förtunning av ozonlagret kommer att förstärka drivhuseffekten. Eleverna blandade källorna till ämnen som bidrar till ozonets förtunning och drivhusgasen, och de förklarade att bl.a. bilarnas utsläpp ökade ozonhålen. Molekyler som koldioxid har fått en negativ stämpel i medierna och eleverna kan inte skilja på dess inverkan på miljöproblemen. Effekten av koldioxid i jämförelse med kraftigare drivhusgaser, som

exempelvis metan, kände eleverna inte heller till. Jämvikten mellan de ozonbildande och nedbrytande reaktionerna kan eleverna inte heller uppfatta som en balans som rubbas, i stället förklarar de ozonet som molekyler som finns och nedbrytningen av ozon därmed som den enda bidragande reaktionen till fenomenet.

Miljöfostran är ett vitt begrepp, som oftast förknippas endast med naturens välfärd, medan omgivningens alla dimensioner bör beaktas. Förutom naturen bör även de kulturella, sociala, ekonomiska, estetiska och etiska aspekterna i omgivningen ingå i helheten miljöfostran (Cantell, 2004). I slutet av 90-talet har flera projekt för att främja miljöundervisningen startats. Grön kemi är aktuellt inom kemin, det internationella projektet GLOBE (Global Learning and Observations to Benefit the Environment) påbörjades 1998 och verksamheten är fortfarande aktiv, i Finland finns bl.a. LUMA-projektet som aktuellt stöder kemiundervisningen, andra inhemska projekt som t.ex. Kemia tänään har även de att dela med sig information om miljökemin. Grön Kemi fokuserar på kemins möjligheter ur miljösynpunkter, begreppet togs i bruk under förra århundradet. Målen som uppställdes för grön kemi behandlas i kapitel 2.3.3.

### **3.3 Undervisning av praktiska arbeten**

Målet med de praktiska arbetena är att förmedla kunskap till eleverna (scientific enquiry). Utförande och planering av laborationer utvecklar mångsidiga färdigheter hos eleven då hon skall planera, utföra, tolka och dra slutsatser av laborationen. För att det praktiska arbetet skall vara fruktbart bör behandlingen och diskussionen vara ändamålsenlig och mångsidig. Undervisningen av praktiska arbeten bör följa de mål läroplanen uppställer och vara trygg. Praktiska arbeten är en naturlig del av undervisningen i naturvetenskapliga ämnen, eftersom utvecklingen av ämnena skett genom försök och misstag. Praktiska arbeten har ingått i kemiundervisningen i olika mängd och i varierande form sedan Galileis tid. I olika länder har trenderna för laborativ verksamhet dock varierat, vilket även kan ses i den utveckling läroplanen genomgått. Sedan grundskolan grundades har laborativ verksamhet undervisats, emedan laborationerna ofta utförts enligt instruktioner vilka kan följas som en kokbok. Detta utvecklar inte alla de aspekter hos eleven som öppnare arbeten gör i och med att de inte behöver planera arbetet. Sedan läroplanen 1994 utkom har en

strävan mot öppnare laborationer, där eleven skall planera och sedan utföra laborationen, visat sig som en stigande trend. Strävan till att öka nyttan och höja kvalitén för laborationerna har medfört förändringar i sättet dessa introduceras och i sättet ämnet bör undervisas.

Till praktiska arbeten hör såväl demonstrationer som elevlaborationer och projekt som elever genomför. Praktiska arbeten är en naturlig del av kemiundervisningen, detta skall i varje fall eftersträvas enligt läroplanen. Bedömningen av de praktiska arbetena bör beaktas och utvecklas. För tillfället sker bedömningen, som ses på betyget främst på basen av den teoretiska kunskap eleverna godtagit emedan de laborativa färdigheterna inte beaktas.

Innan en demonstration eller en laboration utförs skall en grundläggande diskussion där elevernas förhandskunskaper och förhandsföreställningar framkommer föras (Ikonen, 2004). Genom en grundläggande diskussion kan elevernas eventuella missuppfattningar uppmärksammas för att senare kunna rättas till. Det praktiska arbetet bör vara sådant att svaret till problemen kan observeras genom laborationen och på så vis ger naturen svaret på problemet. För att det praktiska arbetet skall vara nyttigt behövs tid och bra handledning av läraren samt mångsidiga arbetsmetoder (Lavonen, Meisalo, 1997). För att eleverna skall lära sig bör de vara aktiva och processera den information laborationen ger, enbart motoriskt genomförda laborationer stöder inte den teoretiska kunskapens tillväxt. Detta innebär även att elevens aktivitet inte begränsas om det praktiska arbetet sker i form av en demonstration, eftersom eleven även i detta fall är tvungen att processera och göra iakttagelser i fall läraren uppmuntrar eleven till det. Däremot fungerar inte demonstrationer på ett lika brett fält med tanke på utvecklingen av elevernas färdigheter vad gäller rent motoriskt genomförande, uppövandet av sociala färdigheter som behövs för samarbete etc. (Lavonen J., Meisalo V., 2004). Elever som är medvetna om vad de skall göra och varför är ofta motiverade till att utföra laborationer. Utförandet av laborationer utvecklar den vetenskapliga tankegången, samt slutledningsförmågan och observationsförmågan. De motoriska färdigheterna utvecklas samtidigt som tålmodet och självförtroendet växer hos eleven i och med att hon laborerar. Elever som utför arbeten i grupp och diskuterar resultaten i grupp utvecklar även sina sociala färdigheter. Eftersom elever i allmänhet är motiverade till

att laborera förbättrar detta även attityderna till ämnet och väcker elevernas intresse (Hodson D., 1999). I fall eleverna inte vet vad de skall göra och de inte lär sig se sambanden och göra rätt sorts iakttagelser är laborationerna onyttiga med tanke på kemiundervisningen, detta inverkar även i en negativ bemärkelse på elevernas intresse att utföra laborationer (Aksela M., 1999).

Eftersom det praktiska arbetet enligt läroplanen bör vara en del av kemiundervisningen skall det ingå i undervisningen. En tiondel av högstadielärarna och ca hälften av gymnasielärarna utför inga eller få laborationer i kemiundervisningen. De främsta orsakerna till att laborationer utförs är enligt lärarna att motivera eleverna. Naturligtvis skall eleverna lära sig kemi samt andra motoriska och sociala färdigheter, dessutom anser lärarna att laborativ verksamhet hör till en naturlig del av kemiundervisningen. Orsaker som ligger bakom det faktum att lärarna i vissa skolor inte låter eleverna utföra laborationer är främst tidsbrist, för stora grupper eller för trånga klasser samt brist på utrustning kemikalier etc. (Aksela M., 1999).

För att det skall vara lönt att utföra en laboration i kemiundervisningen bör denna stöda inläringen av teorin. Laborationerna skall vara trygga att utföra, de skall gå relativt snabbt och de skall vara relativt enkla. För att laborationen skall utveckla elevernas slutledningsförmåga bör den vara rätt öppen, så att eleverna får planera arbetet själva istället för att följa instruktioner angivna som i kokböcker. Oberoende om det är fråga om demonstrationer eller elevlaborationer bör arbetet garanterat fungera, för att undvika missförstånd och brist på förtroende hos eleverna (Aksela M., 1999).

För att eleverna skall kunna ta tillgodo den kunskap de får genom laborationer, är det viktigt att inleda processen genom att upphäva elevernas förhandsföreställningar. Detta kan förverkligas med hjälp av laborationer, där man låter eleverna märka att förhandsuppfattningarna inte varit tillräckliga och eventuellt felaktiga, medan teorin i kemin kan bevisas stämma (Meisalo V., Lavonen J., 1994). Elever beskriver ofta förbränning som en reaktion där ett ämne försvinner. För att bevisa att elevernas uppfattning är oriktig, skall man ge flera möjligheter för dem att testa fenomenet. I detta fall kunde de undersöka förbränning av olika ämnen, metaller, trä etc. Det



praktiska arbetet skall stöda konstruerandet av kunskap hos eleven till en strukturerad helhet där fenomenen kan förklaras på mikronivå (Meisalo V., Lavonen J., 1994).

Laborativt arbete har visat sig utveckla följande färdigheter i elevens personlighet: vetenskapligt tänkande, slutledningsförmåga och förmåga att skapa en struktur utgående från iakttagelser och kunskap, laborativa färdigheter såväl tekniska som motoriska och iakttagningsförmåga, sociala färdigheter som behövs vid samarbete, utveckling av företagsamhet, tålamod, självförtroende och skapande, beaktande av säkerhetsaspekter under arbetet, förbättrandet av attityden och väckandet av intresset för ämnet (Lavonen J., Meisalo V., 1994). Genom att planera, utföra och tolka laborationer lär sig eleven att förstå den vetenskapliga och tekniska världsbilden, att planera och utföra en laboration och utföra lämpliga mätningar, att diskutera resultaten med hjälp av vetenskapliga termer, att framföra och tolka mätresultat, att dra slutsatser utgående från mätresultaten och ställa upp hypoteser och testa dessa, att evaluera kritiskt såväl sitt eget som andras arbete och iakttagelser, att tillämpa det han lärt sig i vardagliga situationer (Lavonen J., Meisalo V., 1994)

## **4. Användning av informations- och kommunikationsteknik i kemiundervisningen**

### **4.1 Användning av informations- och kommunikationsteknik i undervisningen**

Utvecklingen inom informationssamhället har medfört nya utmaningar för undervisningen. Eleverna kommer i framtiden att utsättas för krav på informationshantering och produktion av kunskap, en mer utvecklad förmåga av inläring samt behärskande av informations- och kommunikationsteknik. Dessa krav bör eleverna anpassas till redan inom den grundläggande utbildningen, vars uppgift är att förbereda eleven inför kraven i samhället.

Skolan skall stöda elevernas förmåga att närma sig nya problem, ställa frågor, söka information vars trovärdighet bör kunna evalueras. Eleverna skall även öva sig i att utveckla sin kunskap, sitt tänkande och förstående samt kunna utnyttja detta i nya situationer. Kraven för eleverna i framtiden är förmåga att lära sig och kunna lösa problem samt att kunna styra sin egen inläring, att ha förmåga att arbeta i grupp, kunna bygga upp omfattande vetenskapliga strukturer, sökandet och behandlingen samt en kritisk värdering av ny kunskap (Koivisto, Huovinen, Vainio, 1999).

Lärarens roll står därmed inför en förändring i och med att lärarens uppgift inte längre är att förmedla kunskap utan bekanta eleven vid sätt att söka och bearbeta kunskap samt förmedla sådana modeller som används inom problemlösning i hennes ämne. Eleven utvecklar en nivå av expertkännedom, vilket är målet för undervisningen, då hon själv är tvungen att lösa problem och bedöma arbetet objektivt och mångsidigt. Utvecklingen av denna expertkännedom anses enligt dagens undervisningsideal väldigt viktigt och kan ej överföras som sådan från en expert till en novis. Förändringarna i samhället sker i allt växande takt, vilket gör att samarbete mellan lärare och arbetslivet är allt viktigare. Informations- och kommunikationstekniken ger läraren bättre förutsättningar för att upprätthålla samarbetet (Koivisto, Huovinen, Vainio, 1999).

För att informations- och kommunikationstekniken skall kunna utnyttjas och stöda undervisningen på ett ändamålsenligt sätt förutsätts att skolans tekniska utrustning är god, att lärarens kunskap om utnyttjandet av tekniken är god och att lämpliga material som lämpar sig för undervisningen finns till hands. Tidigare ansågs datorer främja allt mer individuellt arbete, medan de i dag ses som ett hjälpmedel för kommunikation och växelverkan mellan eleven och en annan part eller grupp.

Tillgängligheten på datorer utgör givetvis en begränsning för användningen av informations- och kommunikationsteknik. I många skolor finns datorer endast i en klass som är avsedd för adb-undervisning, vilket kan göra det svårt att använda datorer i andra ämnen. Lärare som har tillgång till datorer använder enligt en undersökning (Koivisto J., Huovinen L., Vainio L., 1999) även dessa allt mångsidigare. För att användningen av informations- och kommunikationsteknik skall bli en naturlig del av arbetet för elever förutsätts att dessa har tillgång till datorer och Internet (Koivisto J., Huovinen L., Vainio L., 1999).

Läroplanen ger rätt fria händer vad gäller förverkligande av informations- och kommunikationsteknik i skolan. I högstadiets läroplan är det tredje temaområdet för den allmänna läroplanen kommunikation och mediekunskap, de centrala målen för temaområdet är bl.a. att eleven skall

- *lära sig att utveckla sin förmåga att hantera information och att jämföra, välja och utnyttja den information som han eller hon har sökt fram*
- *lära sig att förhålla sig kritiskt till innehållet i den information som förmedlas av medierna och att begrunda hithörande etiska och estetiska värden i kommunikationen*
- *lära sig att skapa och förmedla information och att utnyttja media ändamålsenligt*
- *lära sig att använda olika slag av medier och medieteknik både i informationssökning, informationsförmedling och i olika interaktionssituationer. (läroplanen s.18)*

I gymnasiet läroplan framkommer att elevernas informationssöknings- och informationsbehandlingsfärdigheter bör utvecklas. Eleverna skall förses med goda färdigheter att använda informations- och kommunikationsteknik. Gymnasiet skall även utveckla elevernas problemlösningsfärdigheter, vilket informations- och kommunikationstekniken kan underlätta. Ett av de centrala temaområdena för gymnasiet läroplan är informations- och mediekunskap. Till temaområdet hör bl.a.

att eleverna skall lära sig tolka den information, som medierna beskriver, kritiskt, samt att kunna tillägna sig den information som de mottar via medier. Genom mediefostran skall elevernas verbala, visuella, auditiva, tekniska och sociala färdigheter utvecklas. Dessa färdigheter kan utvecklas med hjälp av informations- och kommunikationsteknik, som därmed bör ingå i undervisningen.

Innan man bestämmer sig för att använda informations- och kommunikationsteknik inom undervisningen bör man överväga nyttan i jämförelse med andra metoder, och dessutom bör man ha klara mål vad man vill nå samt klara instruktioner för eleven. Lärarens roll är central och ett lyckat arbete kräver att materialet som används är ändamålsenligt och att läraren klarar av att handleda eleverna i tillräcklig mängd. Som i all undervisning bör läraren motivera, förmedla kunskap, tolka, ge råd, leda, uppmuntra till att söka problem och ställa frågor samt att fungera som en respondent i samtalssituationer. För att användningen av informations- och kommunikationsteknik skall värna om kemiundervisningen bör behärskandet av apparaturen vara god och inte kräva alltför mycket ansträngningar av eleverna, i annat fall kan det hända att uppgiftens budskap hamnar i skymundan. De program som används i undervisningssyfte borde sträva till mångsidighet och uppgifterna borde vara väl bearbetade för att uppmuntra eleven till självständig processering av materialet. Lärarnas kunskaper i informations- och kommunikationsteknik kan vara bristfälliga vilket en effektiv fortbildning kunde förbättra. Datorer används ofta för att söka information och sällan som ett medel för att bygga upp ny kunskap, vilket kan bidra till att denna arbetsmetod känns obekant. Samarbetet mellan undervisningen och experter inom olika ämnesgrupper förblir ofta skenbart eller obetydligt, vilket hör till de faktorer som borde utvecklas för att vara till nytta.

I och med att datavetenskap inte längre hör till läroplanen fördelas ansvaret för att eleverna lär sig behärska grundläggande färdigheter i informations- och kommunikationsteknik på alla ämnen. I många skolor är det dock möjligt att ordna undervisning i informations- och kommunikationsteknik, vilket dock inte befriar de övriga ämnena från att bära detta ansvar. Detta medför även att det inte nödvändigtvis finns någon lärare i skolan som känner till informations- och kommunikationsteknikens möjligheter. En fördjupning i informations- och kommunikationsteknikens möjligheter och användningsändamål skulle vara viktigt

för att utnyttjandet av detta i framtiden skall vara ändamålsenligt och effektivt. Framtiden för användning av informations- och kommunikationsteknik i undervisningen ser rätt ljus ut och utveckling sker dagligen. Industrin producerar material för undervisningsändamål och dessutom kan bokserier i framtiden allt oftare bestå av en tredelad information där boken, internetsidor samt en cd-rom tillsammans garanterar om att materialet hålls modernt och att inläringen stimuleras på olika sätt.

## **4.2 Användningen av Internet i undervisningen**

Användningen av Internet inom undervisningen erbjuder omväxling och kan uppfattas motiverande av eleverna. Genom att använda sig av audio- eller videoklipp blir undervisningen mångsidigare. Användningen av Internet bör dock ske målmedvetet, då det erbjuder nyttig och fördjupande information. Genom att utnyttja de kommunikationsmöjligheter Internet erbjuder kan man med hjälp av e-post, diskussionsgrupper och inlärningsomgivningar hålla kontakt med utomstående parter, vilket stöder användningen av främmande språk och kommunikation med främmande kulturer. I och med att det förekommer globala projekt t.ex. GLOBE för miljö-anknytna teman, kan man delta i mångkulturella och stora projekt.

För att användningen av Internet skall fungera bör reglerna för användningen av nätet vara klara och följas. Läraren bör ha klart för sig vad hon strävar till med användningen av Internet (DotSafe materialet, 2005).

Sedan början av detta århundrade har användningen av Internet i undervisningen, även i undervisningen av vetenskapliga ämnen, ökat kraftigt. Undersökningar indikerar att eleverna utnyttjar Internet naivt och inte klarar av att undersöka och hitta lämpliga fakta. Trots att eleverna kan nå en djupare nivå av förståelse för fenomenen genom användningen av material på nätet kräver det att källorna är väl valda och att eleverna har tillgång till lämplig och sakkunnig handledning. Lärare, elever och forskare har utvecklat flera projekt som strävar till att förbättra undervisningen av de vetenskapliga ämnena, genom att utnyttja Internet. Internet kan användas på olika sätt som stöd för undervisningen, läraren kan söka information för att fördjupa sin egen kunskap, hämta material som elever kan använda såväl under lektionstid som på fritiden samt genom att modifiera och anpassa källor på nätet för

användningen i klassen. Internet kan förändra undervisningen genom att ge tillgång till en mängd lämpliga instruktioner och undervisningsmaterial i varierande form, utnyttjandet inom undervisningen kan förbättra elevens färdigheter att söka information och problemlösning. Eleverna kan även uppmuntras till interaktivt samarbete genom att förse eleverna med centraliserade källor. Från Internet kan man få aktuell och exakt information från förstahandskällor som kan vara presenterade på flera olika sätt.

Problemen med användningen av Internet är att eleverna kan bli missledda i fall de utgår från felaktig information. I fall eleverna inte hittar lämplig information under en rimlig tid kan det även upplevas frustrerande av eleven. Eftersom informationen presenteras på olika sätt och delvis kan vara felaktig är det sannolikt att eleven kan bli något konfunderad. Även navigeringen och användningen av vissa webbsidor kan vara problematisk.

Under lektioner där Internet utnyttjas är det pedagogiska närmandet ytterst viktigt. Läraren bör uppmuntra och stöda eleverna samt hjälpa till med att sammanställa informationen vid behov. Sökandet av information utgör en viktig typ av problemlösning. Eleven bör känna igen nyttigt och användbart material, tolka problemen och informationen som finns tillhanda, planera hur hon kan söka information, utföra sökningen, evaluera resultaten, tillämpa informationen för lösandet av problemet. Eleven som utför arbeten av denna typ utvecklar sin förmåga att se klarare på problemen och lära sig från att endast till att söka allmän information söka allt specifiskare information. En helhetsuppfattning som krävs för denna typ av arbeten innebär att eleven förstår de begrepp hon använder, förstår grundprinciperna för fenomenet, har skapat någon form av struktur på problemet eller processen och i och med detta kan beskriva processen på en djupare nivå. Välvalda sidor bör vara trovärdiga och kvalitetsmässigt felfria, de bör vara välorganiserade och materialet man söker efter bör vara lätt att lokalisera. De sidor som används i undervisningssyfte bör vara lämpade för målgruppen d.v.s. skolelever. En mängd engelska sidor har utvecklats enkom i undervisningssyfte, men eftersom eleverna i högstadiet inte kan förväntas kunna engelska flytande och inte kan förstå vetenskaplig engelska kan dessa tyvärr inte användas som sådana. I fall att eleverna skall söka material under lektionstid är det skäl att läraren ger några webbsidor de

kan bekanta sig med, detta ger läraren kontroll över utförandet av arbetet och effektiviserar även tidsanvändningen. I det fall att man som lärare använder sig av listor med webbsidor bör deras funktion kollas före lektionen eftersom webbsidorna förändras och utvecklas snabbt. Ett gott exempel på ett arbete som utförs med hjälp av Internet vore att be eleverna skriva en rapport över ett ämne, i Roy Bartons (Barton R., 2004) bok nämns t.ex. en av planeterna i vårt solsystem. Elevernas rapport skulle presenteras med hjälp av t.ex. power point, vilket skulle vara lärorikt för eleverna i och med att de skulle bekanta sig med ett nytt program som de har nytta av i fortsättningen då de skall bygga upp presentationer. En av Internets absoluta fördelar är att man kan hitta information som är "up to date", t.ex. i fall eleverna ombeds undersöka luftkvaliteten i staden kan de hitta den nyaste informationen.

Då man bestämt sig för att använda Internet i undervisningen bör man försäkra sig om att uppgiften är tillräckligt specifik och kraven är klara. I fall eleverna har tillgång till Internet på fritiden kan dessa arbeten utföras som läxa eller distansarbete. Användningen av Internet utgör en omväxling i den traditionella undervisningen och kan även öka inläringen. Läraren kan hitta stöd till undervisningen bl.a. genom de internetsidor industrin eller en undervisningsmyndighet skapat. Förutom text och bild erbjuder Internet även animationer, s.k. appletts eller små tillämpningar, dessa kan användas t.ex. för att visualisera en reaktionsmekanism eller ett experiment som kan vara svår eller omöjlig att utföra i skolans laboratorium. Eftersom det finns över 2,1 miljarder Internet sidor bör man kunna välja de lämpligaste för eleverna för att inte öda alltför mycket tid på sökandet. Det är därmed viktigt att känna till var och hur man skall söka fakta. Sökmaskiner som Yahoo, Google och Alta vista ger träffar på relaterade sidor, medan det i undervisningssyfte kan vara skäl att bekanta sig med sökningar som riktar sig till undervisning, så som t.ex. Education World ([www.educationworld.com](http://www.educationworld.com)). Det är önskvärt att som lärare hitta så lämpligt material som möjligt på en så kort tid som möjligt, vilket kan åstadkommas endast genom övning. För att evaluera trovärdigheten för sidan kan man kolla vem som ansvarar för sidorna, även datumet sidorna har gjorts eller uppdaterats är relevant om man söker fakta som genomgår snabba förändringar. Objektiviteten bör även granskas liksom källor och eventuell kontaktinformation. Tillförlitligt fakta borde kunna hittas på flera ställen som är oberoende av varandra. Ju yngre elever man arbetar med, desto

svårare har de att bedöma sidornas tillförlitlighet, vilket gör att man kan ge friare händer för äldre elever. Elever finner det i allmänhet motiverande att skapa text som kan publiceras på Internet, vilket innebär att texten kan läsas av flere människor än läraren. Samarbete kan även fungera mellan skolor genom att material som framställts publiceras på nätet (Barton R., 2004).

### **4.3 Användningen av informations- och kommunikationsteknik i praktiska arbeten**

Genom att utföra laborationsarbeten i undervisningen kan förståelsen för ämnet ökas (Barton, 2004). Motiveringarna och sättet att utföra laborativa arbeten i skolan är varierande, de kan klassificeras som två typer enligt Barton, illustrativa arbeten och undersökande arbeten. De illustrativa arbetena består av instruktioner som eleven kan följa, kokboksaktigt, medan de undersökande arbetena är öppnare och förutsätter att eleven själv ställer hypoteser och tolkar händelseförloppet. Oberoende av vilkendera typ av arbeten eleverna utför är målet att motivera och aktivera eleverna. Eleverna skall motiveras till att komma fram med egna idéer och tankar och ta upp de frågor som framkommit då de deltagit i arbetet. Eleverna skall stödas till att dra slutsatser som stärker de lagbundenheter som är allmänt godtagbara i vetenskapliga kretsar. Eleverna har även lättare att ändra eventuella missuppfattningar då de kan se orsakerna till fenomenet.

Lärarens roll är central under laborativa arbeten för att eleverna skall lära sig och inte endast utföra arbetet manuellt. Läraren bör stöda eleverna i att skapa den förståelse de bör uppnå samt att kunna hjälpa eleverna att koppla ihop fenomenet de observerat på makronivå med kemien på mikronivå (Barton, 2004, Nakleh.1992).

Fördelarna med att använda datorer vid praktiskt arbete, främst laborationer är att eleverna kan koncentrera sig på att tolka resultaten i undersökningen i stället för att koncentrera sig på att utföra mätningar. Användningen av datorer vid mätningar kräver en erfarenhet och kännedom av läraren. För att komma i gång med mätsystemet krävs en hel del tid, vilket kan uppfattas frustrerande av lärarna. Lärare som bestämt sig för att börja använda dessa mätprogram klarar ofta av att kringgå de



problem som användningen eventuellt kan innebära. Med hjälp av datorbaserade mätprogram kan dock fördelarna med laborationsarbeten bli allt tydligare (Barton R., 2004).

#### **4.4. Digitala undervisningsmaterial**

Undervisningsmaterial som är tillgängliga via Internet strävar oftast till mål som är uppställda på förhand. Användningen av dessa material kombinerar arbete och nöje för elever som tycker om att arbeta med datorer. Ett undervisningsprogram har ett begränsat tema och avsikten med programmet är att användaren skall få stöd att anamma ny information.

Det finns olika typer av undervisningsmaterial som används med hjälp av datorer. Drillprogram strävar till att uppöva en viss färdighet t.ex. huvudräkning. Dessa program baserar sig ofta på att eleven skall svara på frågor genom att välja lämpligt alternativ. Program vars avsikt är att förhöra eleven kan användas som prov eller förhör för en större grupp, t.ex. skriftliga provet för körkort ordnas med hjälp av dessa program. Tuoriala program stävar till att bekanta eleven med ett nytt ämne. Dessa program är systematiska och innehåller ofta uppgifter som användaren kan svara på för att försäkra att hon anammat den viktigaste informationen. Tutoriala program, som strävar till att anpassa det användaren lär sig till användarens utgångsläge, t.ex. ålder eller kunskapsnivå kallas intelligenta tutoriala program. Dessa program har sin svaghet i att de inte nödvändigtvis utmanar användaren maximalt. Det är önskvärt att användaren av programmet enligt dagens trend själv skall kunna söka lämplig information för sin nivå.

Digitala undervisningsmaterial är ett material som är avsett för att främja undervisningen av ett specifikt ämne. Materialet kan framställas av läraren, eleven eller en grupp elever ofta med hjälp av färdiga redskap för ändamålet. Genom att låta eleverna själv skapa sammanställningar når eleven en djupare förståelse för ämnet. Uppbyggandet av ett material där eleverna i en klass arbetar i grupp är ett motiverande och nytt arbetssätt som stöder såväl informationsökning, som bearbetning av information och skapande. Eleverna kan även uppfatta

sammanställandet av materialet mer meningsfullt i och med att det kan vara tillgängligt för en stor publik.

Uppbyggandet av undervisningsmaterial för enstaka kurser eller lektioner är arbetsdrygt i fall läraren utför arbetet ensam, vilket begränsar möjligheterna att skapa dylika material. Dessutom kräver konstruerandet av specialeffekter så som t.ex. animationer förutom tid även mycket stor kännedom om datorer och trots att dessa skulle vara nyttigast och mest givande för eleverna är förverkligandet ofta för krävande för lärare med endast grundläggande kunskaper i adb. Undervisningsmaterial som finns tillgängligt på nätet bör dessutom uppdateras regelbundet. Uppdateringen av materialet är dock beroende av innehållet. Nyhetssidor och sidor som innehåller fakta som förändras med korta intervaller kräver även en aktivare uppdatering.

Då ett undervisningsprogram planeras bör man beakta de pedagogiska målen, kraven temat omfattar, till vem och vilken situation materialet lämpas för samt enkelheten och strukturen av materialet. De idéer som ligger till grund för materialet samt nya idéer bör begrundas. Användarna kan gärna få komma med förbättringsförslag som skall beaktas i mån av möjlighet. Användningens effektivitet bör även beaktas för undervisningssyfte och materialet skall utformas så att användaren uppfattar innebörden och beaktar inlärnings förutsättningar. Materialet skall även förverkliga de möjligheter den moderna tekniken bjuder på i motsats till andra skriftliga material. Digitala material gör det möjligt att använda ett flerdimensionellt framförande, där man genom linkar kan nå nya dimensioner i jämförelse med böcker som möjliggör endast två dimensioner. Navigeringen på sidorna kan förverkligas på varierande sätt. Huvudsaken är dock att användaren hittar fram och når huvudsidan samt underliggande nivå. Det är dock skäl att presentera innehållet hierarkiskt utgående från innehållet i varje stycke. Detta gör det möjligt för användaren att bekanta sig med materialet i den ordning författaren tänkt sig. Ett nätverk av linkar ger dock användaren friheten att självständigt behandla materialet i önskad ordning. Då linkarna framkommer i en nätstruktur nås samma innehåll via olika stigar. Användningen av det digitala materialet bör ske snabbt, vilket förutsätter att sidorna laddas upp snabbt eller i annat fall bör uppladdningen av en långsamt framkommande sida indikeras med en mätare som visar resterande

uppladdningstiden. Innehållet bör även framgå klart och tydligt för användaren  
likaså tillförlitligheten på innehållet.

Utseendet för sidorna bör vara tilltalande och val av font, färg, placering etc. bör vara  
välutvecklade. Materialets utseende bör stöda innehållet och framställningen bör vara  
tydlig. Alltför komplicerade förverklingssätt, samt överanvändning av animationer  
och visuella effekter bör vara begränsade. En sida skall helst inte vara längre än två  
sidor och den måste ha en link tillbaka åtminstone till huvudsida

## **5. Undersökningen**

### **5.1 Undersökningens syften**

Undersökningen baserade sig på att utveckla ett material som lämpar sig för undervisningen av atmosfärens kemi i högstadiet och gymnasiet utgående från de mål läroplanen uppställt för undervisningen.

Strävan till att utveckla kemiundervisningen och material för undervisningen har varit aktuell redan i årtionden. Lärare i grundskolan och på gymnasienivå önskar fortbildning i bl.a. miljökemi, medan de dessutom önskar få lära sig mera om undervisningsmaterial som behandlar kemin i vardagen (Aksela, 1999). Kemiundervisningen bör enligt läroplanen grunda sig på vardagliga fenomen och undervisningen bör ske med hjälp av praktiska arbeten. Miljöproblemen och övriga fenomen i atmosfären är omtalade i media och berör elevernas vardag i högsta grad, vilket är utgångspunkten för undersökningen. Eftersom undervisningens mål inte är att måla upp hotbilder för framtiden utan ge eleverna en realistisk bild av omgivningen strävar undervisningsmaterialet till att belysa dagens läge ur en realistisk och opartisk synpunkt. Undervisningsmaterialet strävar även till att redogöra för de lösningar kemin ger för miljöproblemen och samtidigt belyses eventuella lösningar som i framtiden kan tas i bruk för att minska på utsläppen. Enligt gymnasiets läroplan bör undervisningen i kemi motivera eleverna till fortsatta studier i kemi. I och med att de kemiska lösningarna behandlas strävar materialet även till att ge en positiv bild av ämnet, vilket förhoppningsvis intresserar eleverna.

### **5.2 Undersökningsmetod**

Undersökningen bestod av två huvudsakliga skeden. I det första skedet strävades till att utveckla undervisningsmaterialet utgående från de resultat som tidigare undersökningar observerat, medan det andra skedet baserade sig på att utveckla materialet ytterligare utgående från de önskemål och idéer kemilärarna och kemilärarstuderande framfört.

Utgående från utländska undersökningar och de problem som observerats gällande undervisningen av miljö kemi och framför allt fenomenen i atmosfären strävar undersökningen till att beakta dessa och därmed minska mängden missuppfattningar kring miljön och fenomenen i atmosfären. Undersökningen strävar till att utveckla undervisningsmaterialet för att på bästa möjliga vis bemöta de önskemål som materialets användare har. Detta förverkligades genom att be tre ämneslärare bekanta sig med materialet och framföra förbättringsförslag som beaktats i utvecklingen av materialet. Dessutom gav kemilärarstudenter vid Helsingfors Universitet förbättringsförslag, vilka beaktades vid utformandet av materialet.

Undersökningen var en utvecklingsundersökning (design research) vars främsta mål var att utveckla undervisningspaketet för att på bästa möjliga sätt främja kemiundervisningen. Tidigare digitala undervisningsmaterial som framställts beaktades, emedan de material som gjorts i Finland var gjorda på finska, vilket inte är ändamålsenligt att använda i svenskspråkiga skolor. Utvecklingen gjordes även på basen av de teman som behandlas i de böcker som är avsedda för undervisningen av kemi på grundskole- och gymnasienivå.

Genom att beakta lärarnas önskemål och idéer kunde undersökningens objektivitet beaktas. Utvecklingen skedde i flera steg, vilket är utmärkande för en utvecklingsundersökning, detta förbättrar även tillförlitligheten för undersökningen. En utvecklingsundersökning bör möta behovet av användarna samtidigt som undervisningsmiljöns mål bör beaktas. Resultatet av undersökningen, d.v.s. undervisningsmaterialet, bör fungera i praktiken samtidigt som den ger ett nytt användbart verktyg, i detta fall för undervisningen (Aksel, 2005, Dede, 2004).

### **5.3 Undersökningsproblemen**

Undersökningen baserar sig på två huvudsakliga undersökningsproblem.

Det första undersökningsproblemet lyder:

- 1. Hur skall ett bra material för undervisning av atmosfärens kemi se ut?**

Detta problem strävar till att besvara vilka teman materialet bör behandla, vilka visuella aspekter som bör beaktas, vilka arbetsmetoder och möjligeter materialet kan innefatta. Beaktandet av lärarnas åsikter strävar till att utreda vad kemilärarna förväntar sig av paketet. Undersökningsproblemet kan därmed indelas i följande underproblem:

*1.1 Vad bör undervisningen av atmosfärens kemi behandla?*

*1.2 Vilka arbetsmetoder kan materialet bemöta?*

*1.3 Hur skall materialets visuella framförande se ut?*

Det första underproblemet strävar till att belysa vilka fenomen undervisningen bör beakta i atmosfären och vilka egenskaper eleverna bör känna till. Lärarnas önskemål bör även framkomma ur innehållsmässig synpunkt. Problemet skall även beakta tidigare undersökningar som observerat vilka problem undervisningen av atmosfärens kemi kan medföra.

Det andra underproblemet strävar till att reda ut hur materialet kan användas för att bemöta mångsidiga undervisningsmetoder och de mål läroplanen framställer för förverkligandet av undervisningen.

Det tredje underproblemet strävar till att beakta materialets visuella framställande, genom att beakta de villkor och råd som ges för digitala undervisningsmaterial.

Det andra undersökningsproblemet lyder:

## **2. Vilka för- och nackdelar har studiemiljön?**

Det andra undersökningsproblemet strävar till att utreda vilka fördelar man kan nå genom att använda digitala undervisningsmaterial, samt vilka nackdelar dessa har ur undervisningssynpunkt. Därmed kan det andra undervisningsproblemet indelas i följande två delar:

*2.1 Vilka fördelar har användningen av undervisningsmaterialet?*

*2.2 Vilka nackdelar har undervisningsmaterialet?*

Nackdelarna strävas till att minskas efter att de observerats. Materialet utvecklades utgående från de nackdelar som observerades och de önskemål som framfördes.

Utgångspunkten för undersökningen var att framställa ett undervisningsmaterial som lämpar sig för undervisning av atmosfärens kemi, vilket förutsatte att jag bekantade mig med teorin om atmosfärens kemi. För att anpassa materialet till läroplanen och de teman som behandlas bekantade jag mig med läroplanen speciellt med de punkter som behandlade miljöfostran och atmosfären ur kemins synvinkel. För att användningen av materialet skall vara lämpligt även för självstudier utvecklades uppgifter enligt de mål som inlärningssynen förutsätter. Eftersom praktiska arbeten bör vara en naturlig del av undervisningen i kemi utvecklades några laborationer för att väcka intresse och bemöta elevernas tankevärld, dessa förutsätter dock handledning av läraren.

De huvudsakliga skedena i undersökningen är beskrivna i nedanstående bild (5.2).

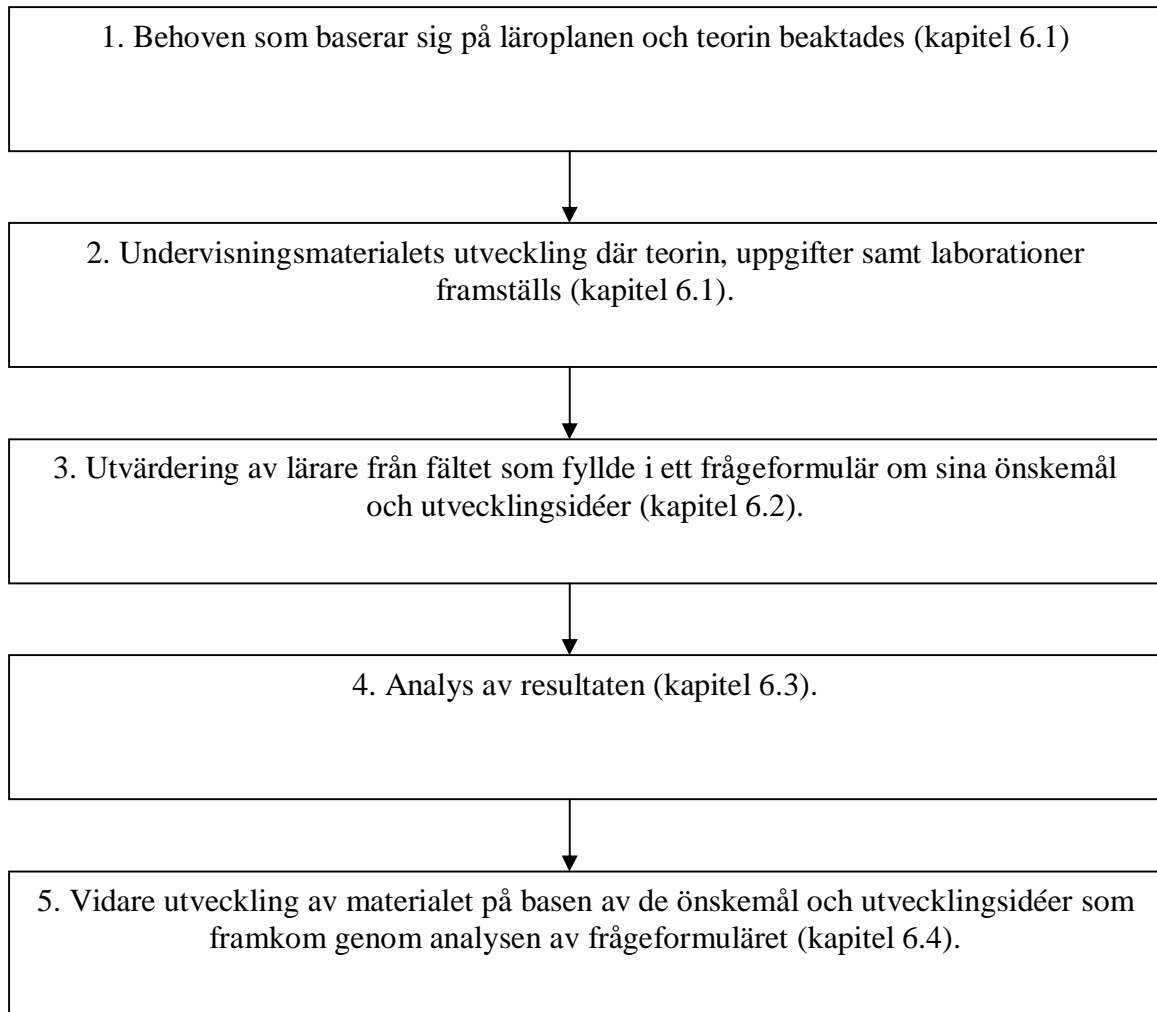


Bild 5.2.



## 6. Resultat

Nedan strävar jag till att besvara undersökningsproblemen, i den ordning jag framställt dem. Indelningen sker på basen av de skeden undersökningen omfattade enligt bild 5.2

### 6.1 Innehållet för ett undervisningsmaterial, som behandlar atmosfärens kemi

Det första huvudsakliga problemet; hur skall ett bra material för undervisning av atmosfärens kemi se ut? Detta omfattar såväl det teoretiska innehåll som bör finnas, vilka arbetsmetoder som kan tillämpas samt hur det visuella framförandet bör se ut.

Eftersom undervisningen av kemi bör följa läroplanen skall den hållbara utvecklingen betonas, speciellt på gymnasienivå. Ur miljökemins synpunkt innebär detta att hållbara lösningar, vad gäller energiutsläpp och val av energikällor bör beaktas. I materialet ingår därmed förklaringar till olika sätt man kan använda sig av för att rena utsläpp samt metoder man kan beakta för att minska på dessa utsläpp. För att skapa en helhetsbild om atmosfären bör dess sammansättning och struktur beskrivas, även begrepp som används i sambanden bör förklaras. De problem som uppstår i atmosfären bör beskrivas och den kemiska förklaringen till dessa bör framgå, så att eleverna upptäckt sambandet mellan den kemiska förklaringen på mikronivå och det vardagliga fenomenet på makronivå. Ett av önskemålen av en praktiserande lärare var att informationen skall vara varierande och lämplig för både gymnasie- och högstadielärover.

Innehållet baserade sig även på den information som behandlas i läroböcker. I böcker för kemi i högstadiet behandlas bl.a. atmosfärens sammansättning, drivhuseffekten, ozon och luftkvaliteten. I boken Topp finns dessutom en bild av atmosfärens struktur, även smog och luftvård behandlas i boken (Asphol, Hirvonen, Lavonen, Penttilä, Saari, Viiri, Hongisto, 2000, Kärnä, Leskinen, Montonen, Repo, Wennström, 2000). I de gymnasiekemiböcker jag bekantade mig med behandlades miljökemin rätt kortfattat, speciellt med avseende på atmosfärens kemi. Föroreningar som koldioxid, svaveldioxid samt kväveoxider beskrevs i en bokserie, medan en tabell av samtliga föroreningar och inverkan på smog ozonminskning och växthuseffekten beskrevs i en annan (Haavisto A., Nikkola J., Viljamaa L., Högnäs, Junger, 1994, Kanerva K.,

Karkela L., Valste J., 1997). Innehållet i materialet omfattar naturligtvis de fenomen som böckerna nämnde samt en något mer omfattande beskrivning av de föroreningar som bidrar till problemen i atmosfärens kemi.

Arbetsmetoderna materialet bör stöda var förutom den teoretiska kunskap eleverna bör anamma genom att läsa även laborationer och uppgifter där de skall anpassa sin kunskap. Ur materialet förväntade sig en praktiserande lärare finna laborationer och uppgifter utöver teorin. Eftersom läroplanen anger laborationsverksamheten som en obligatorisk del av kemiundervisningen är det även ändamålsenligt att inkludera laborationer i materialet för att åskådliggöra fenomenen för eleverna, samt för att aktivera och motivera dem till att studera kemi. Laborationerna som beskrivs i materialet kan användas för att åskådliggöra de sura regnens inverkan och reningen av svaveloxider från luften samt andelen syre i luften. Dessa lämpar sig att utföras i skolan, eftersom de inte är alltför tidskrävande, utförandet är rätt enkelt och materialet som behövs bör finnas gängligt i de flesta skolor. Säkerhetsaspekterna har även beaktats i alla beskrivningar.

För att stöda elevernas inläring med betoning på den konstruktivistiska inläringssynen finns uppgifter som motiverar eleverna att bilda sig en helhetsuppfattning av informationen i form av tankekarta. Uppgifterna är även framställda så att besvarandet av dessa förutsätter att innehållet i materialet bearbetas i och med att färdiga svar inte hittas i texten. Uppgifterna kräver även att eleverna bekantar sig med information på andra webbsidor. Användningen av olika källor för sökning av information möjliggörs genom att eleverna kan använda linkar som anges i materialet för att söka aktuell information.. Syftet är att eleverna därmed skall utöka sina färdigheter i att anamma och bearbeta information. Linkarna är dock valda så att informationen lämpar sig för elever med föga bakgrundskunskaper i kemi, vilket är en av de centrala villkoren för instruktioner för informationssökning ur pedagogisk synvinkel. Materialet utvecklades enligt önskemål av praktiserande lärare så att uppgifterna indelades i nivåer för högstadie- och gymnasieelever, på basen av svårighet och läroplanens innehåll. Det är dock skäl att uppmuntra högstadieelever till att lösa även svårare uppgifter, i fall de kan förväntas klara dem.

Undervisningsmaterial skall innehålla objektiv information om ämnet och dessutom bör användarnas, i detta fall elevernas, nivå beaktas. Sidorna får inte vara alltför långa och en link till huvudsidan bör framgå på varje sida. Detta tillsattes även efter en praktiserande lärares önskemål. Utseendemässigt bör fonten vara läslig och lämpligt stor. Bilder och visuella effekter bör beaktas för att väcka ett intresse hos eleverna, utan att distrahera dem. Ett av målen med undervisningspaketet var att ge eleverna en positiv bild av kemin, som en vetenskap med vilken miljöproblem kan förklaras och lösas. Därmed strävade jag till att välja en pigg färg som bakgrund, till vilken lämpliga bilder kunde bifogas, så att dock texten framstod som det centrala. Eftersom informationen som skulle placeras på sidan var rätt diger uppdelades den så att många sidor har undersidor, som ger en noggrannare beskrivning av fenomenet, laborationen etc. Fonten jag valde var en kompromiss på basen av två faktorer, den bör vara lämpligt stor för läsaren samtidigt som en viss mängd text bör finnas på sidorna, utan att de blir alltför långa. Utseendet för paketet som det är fick godkännande av de praktiserande lärarna. Det visade sig dock viktigt att skapa entydiga linkar.

## **6.2 Utvecklingen av undervisningsmaterialet på basen av utvärderingen och teorin**

Utvecklandet av materialet skedde huvudsakligen genom att dela in sidorna så att de blev kortare och genom att förenkla navigeringen med entydigare linkar. Jag bifogade linkar till föregående sida, för att navigeringen inte skulle bli för komplicerad. Utvecklingen av materialet skedde till en stor del genom att samla lämplig fakta och framföra denna så att den lämpar sig för eleverna. Indelningen av stoffet gjordes på basis av de kemiska substanser som är avgörande för förändringarna i atmosfären och delvis genom att presentera de miljöproblem vi står inför i dag som följd av förändringar i atmosfären. På basen av praktiserande lärarnas anteckningar korrigerades även stavfel. En korrekt stavad text är naturligtvis även en förutsättning för ett trovärdigt undervisningsmaterial.

Eftersom arbetsmetoderna i skolan skall vara mångsidiga gjordes uppgifter, som kräver informationssökning och bearbetning av informationen. Till paketet bifogades

även beskrivningar för lämpliga laborationer med frågor. Frågorna ställdes för att aktivera eleven till att fundera på kemin bakom fenomenen, för att poängtera att det mekaniska utförandet av laborationen inte i sig räcker till. Genom att eleverna är tvungna att fundera på kemin bakom de observationer som görs borde de kunna upptäcka sambanden mellan makro-, mikro- och den symboliska nivån i kemin.

### **6.3 Analys av resultaten samt för och nackdelarna för användningen av digitala undervisningsmaterial**

I och med att det digitala undervisningsmaterialet omfattar olika fenomen kan användaren välja vilket hon vill specialisera sig på, vilket ur pedagogisk synvinkel är tacksamt i och med att eleverna känner att de kan påverka innehållet i undervisningen. I och med att materialet innehåller linkar till relaterade sidor kan eleven även bekanta sig med information om samma fenomen uttryckt på olika sätt, och därmed enklare bilda sig en egen uppfattning.

Användningen av undervisningsmaterialet är ingen kostnadsfråga för skolan, förutsatt att adb-utrustningen är tillräcklig. Materialet är lätt tillgängligt och kan även användas för distansstudier vid behov. I och med att linkarna och delvis även sidan enkelt kan uppdateras kan man försäkra sig om att innehållet är korrekt och upp to date, detta förutsätter visserligen att materialet uppdateras. Eftersom läroplanen är rätt diger och innehållet i traditionella undervisningsmaterial beskriver miljökemin rätt kortfattat utgör användningen av dessa alternativa material ett medel för att fördjupa undervisningen inom önskvärda teman.

I och med att de fakta som sprids på Internet inte nödvändigtvis är objektiva förutsätter användningen av material en kritiskt tänkande läsare. Elevernas kritiska tänkande och deras sätt att bedöma tillförlitligheten är viktiga färdigheter, som även bör uppövas. I fall materialet används för distansstudier och genomgången av innehållet inte utförs ordentligt kan missuppfattningar bland eleverna förekomma. Användningen av digitala material i undervisningen får ej heller kräva alltför omfattande tekniska färdigheter, eftersom inläringen av det som önskas i så fall lätt kan framstå som en bisak. I fall linkar som ges till andra webbsidor byter adress eller tas bort kommer användningen av materialet även att lida, i och med att den önskade

informationen inte längre är tillgänglig. Detta har jag upplevt som ett allmänt problem då jag använt webbsidor, som inte uppdateras regelbundet.

#### **6.4 Presentation av undervisningsmaterialet**

Undervisningsmaterialet är avsett för grundskolans högre klasser och gymnasiet. Materialet kan användas som komplettering till den information eleverna hittar i läroboken. Materialet publiceras på det globala world wide web-nätet och utnyttjar därmed de möjligheter nätets användning ger. Publiceringen av materialet på dessa sidor möjliggör även en vidare spridning och användning i flera skolor. Förverkligandet av materialet skedde med hjälp av Microsoft Front Page, och användningen borde därmed fungera med datorer som stöder programmet.

Användningen av materialet kan ske på olika sätt. Beroende på hur mycket tid man har till förfogande kan bearbetningen av materialet i form av t.ex. grupparbeten vara meningsfullt. Laborationerna kan även visas som demonstrationer, vilket rekommenderas speciellt för laborationen som beskriver hur svaveloxider kan renas ur luften. Uppgifterna kan ges som läxa till eleverna i fall de har möjlighet att använda Internet hemma. Eftersom det skulle ha varit svårt att bifoga svaren till uppgifterna i och med att eleverna skulle ha tillgång till dem valde jag att inte placera dem på webbsidan. I fall en lärare önskar att få facit till uppgifterna kan jag skicka dem med e-post, på begäran.

Som lärare lönar det sig att bekanta sig med materialet innan användning i undervisningssyfte. Enklast sker detta genom att läsa igenom vad sidan innehåller och eventuellt följa rekommenderade linkar för tilläggsinformation. Nedan presenteras dock användningen och innehållet i korthet.

På framsidan (bild 6.1) finns rätt lite text, dess avsikt är att väcka intresse hos eleverna utan att se skrämmande ut.



Bild 6.1 Huvudsidan i undervisningsmaterialet.

Linkarna till instruktioner för elever och lärare samt teori om miljö kemi, atmosfärens struktur, sammansättning, miljöproblem mm. kan hittas på alla sidor, för att underlätta navigeringen. Dessa sidor är basidor från vilka man kommer vidare till underliggande sidor.

För att undvika att längden på enskilda sidor blir alltför lång kan de innehålla ytterligare länkar till underliggande sidor. Minskandet av utsläpp (bild 6.2) innehåller exempelvis tre undersidor, minskandet av partikelutsläpp, svaveloxider och utsläpp från trafiken.

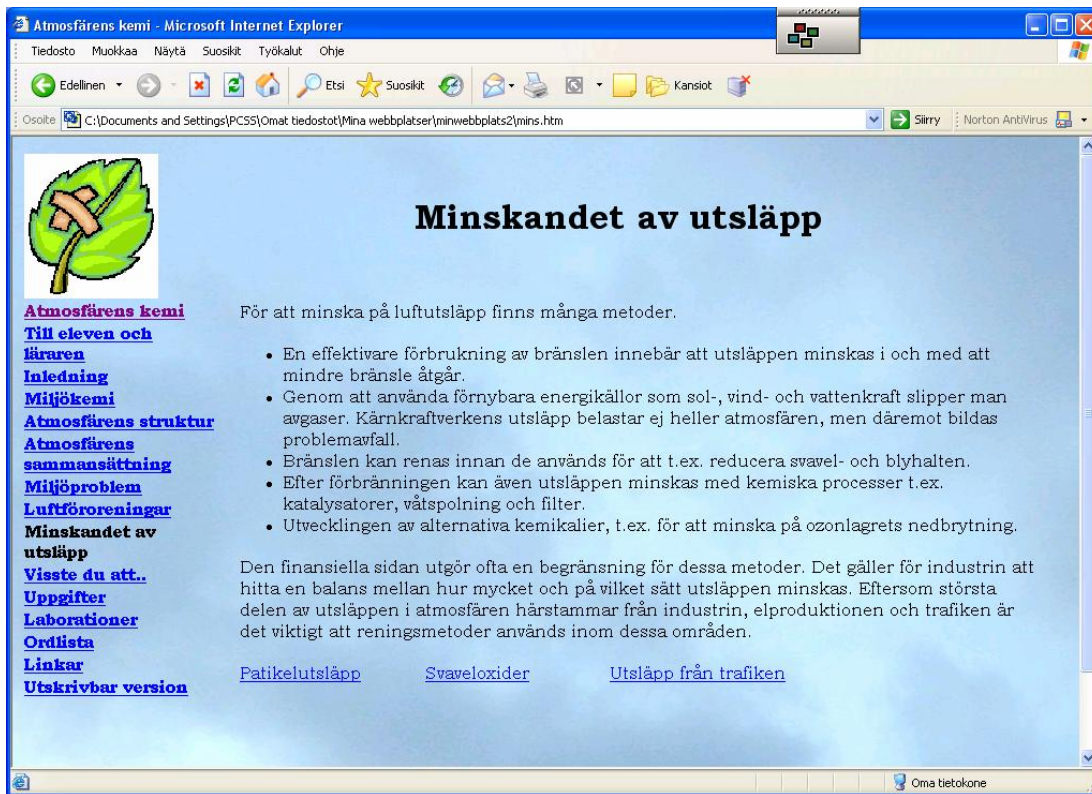


Bild 6.2 undervisningsmaterialets sida om minskandet av utsläpp.

Användningen av undersidor var nödvändig eftersom antalet bassidor annars hade blivit för stort, eller längden på enskilda sidor alltför lång. Från de underliggande sidorna kommer man tillbaka till bassidan genom att använda linken till bassidan från spalten till vänster, eller alternativt en link tillbaka som finns på de flesta underliggande sidor.

I materialet finns en utskrivbar version, vilken jag ansåg vara vettig i fall man önskar ha informationen som pappersversion. Detta kan vara ändamålsenligt speciellt för laborationerna och eventuellt för uppgifterna. Eftersom den utskrivbara versionen av innehållet inte innehåller onödiga bilder och dessutom har en innehållsförteckning torde det vara lätt och enkelt och ekonomiskt kunna skriva ut det man önskar.

Ordlistan är rätt komprimerad och jag rekommenderar att den fria uppslagsboken wikipedia används vid behov. En önskan är även att användarna bekantar sig med linkarna, som även kan fungera som stöd för läraren.

## 7. Diskussion och analys

### 7.1 Nyttan med undersökningen

Det konkreta undervisningsmaterialet är undersökningens huvudsakliga resultat. Materialet kan i fortsättningen underlätta undervisningen av atmosfärens kemi. Materialet är ett komplement till de nya läromedel, som ständigt skapas. Speciellt med detta material är att det är svenskspråkigt. De flesta undervisningsmaterial, som framställs i Finland och som följer den finska läroplanens mål är finskspråkiga, vilket utgör en begränsning för användningen av dessa i svenskspråkiga skolor.

I samband med utredningen av materialets innehåll beskrevs även de teman jag anser att undervisningen av atmosfärens kemi i bästa fall kan omfatta. Sammanställningen av den teori läraren kan ha som bakgrundsinformation finns även tillhanda, i och med att pro Gradun kommer att publiceras på nätsidan för kemiläroverutbildningen vid Helsingfors Universitet.

### 7.2 Avslutning

Kemiundervisningens huvudsakliga mål är att motivera elever och stöda dem till att utveckla mångsidiga färdigheter och få kunskap inför framtiden. Elevernas intresse för kemin har visat sig vara något större för miljörelaterade teman än genomsnittsinnehållet i kemi. För att motivera eleverna till studerandet är det viktigt att de ser ett samband mellan sin vardag och lärostoffet. Undervisningen av atmosfärens kemi ger ett ypperligt tillfälle att koppla samman elevernas vardag och det som aktivt diskuteras i medier med lärostoffet. Aktiva miljöfrågor som berör atmosfären är bl.a. luftkvalitetens försämring, ozonhålets förtunning och drivhuseffekten. Förståelsen för dessa förutsätter en förståelse för begreppen och fenomenen på mikronivå, vilket kemin beskriver.

Med tanke på miljöns framtid är det även väsentligt att eleverna lär sig uppskatta och värna om sin omgivning, samt vet hur de skall handla och är motiverade att följa dessa handlingsmönster för att minska på miljöns påfrestningar. Genom undersökningar inom miljöfostran har det framkommit att då eleven lär sig värdera



miljön och hon inser att hennes handlingar inverkar på miljön kan hon betrakta dessa som mera betydelsefulla. Detta förutsätter att eleverna vet hur miljöproblemen kan hanteras och att de uppskattar miljön, vilket de bör lära sig i skolan. För att undervisningen i skolan skall vara ändamålsenlig är det viktigt att läraren har kunskap och tillgång till lämpligt undervisningsmaterial. Ett av de finska kemilärarnas önskemål är att få aktuell tillförlitlig information om miljön (Aksela, 1999). För att underlätta undervisningen av atmosfärens kemi kan kemilärare i fortsättningen använda det digitala undervisningsmaterial som utvecklats i samband med denna Pro Gradu. Användningen av digitala metoder i undervisningen är motiverande ur elevernas synvinkel och möjliggör en aktiv behandling av mer omfattande material av eleven.

Användningen av mångsidigare undervisningsmetoder gör undervisningen intressantare, genom att då och då utnyttja digitala undervisningsmaterial kan man som lärare skapa variation i undervisningen. Tuoriala program, som detta jag utvecklat i samband med Pro Gradu stävar till att bekanta eleven med ett nytt ämne. Behandlingen av materialet kan utföras med hjälp av varierande undervisningsmetoder, bl.a. olika former av grupparbeten.. Eleverna kommer i framtiden att utsättas för växande krav på informationshantering och produktion av kunskap, en mer utvecklad förmåga av inläring samt behärskande av informations- och kommunikationsteknik kommer att vara uppskattade egenskaper på arbetsmarknaden. Dessa krav bör eleverna anpassas till redan inom den grundläggande utbildningen, vars uppgift är att förbereda eleven inför kraven i samhället. Färdigheter, som evaluering av trovärdighet och uppfattandet av det centrala i texter, är nyttiga att utveckla genom undervisningen, vilket t.ex. användningen av tutoriala digitala undervisningsmaterial stöder. Tidigare undersökningar indikerar att eleverna utnyttjar Internet naivt och inte klarar av att undersöka och hitta lämpliga fakta. Detta innebär att användningen av Internet i undervisningssyfte kan utföras ändamålsenligare, då eleverna kan orientera sig fram på utvalda webbsidor som innehåller meningsfull information på lämplig nivå för eleverna. Användningen av undervisningsmaterial förutsätter dock att eleverna även tar del av lärarledd undervisning, vilket inte skall föraktas. För att undvika missuppfattningar bland eleverna, samt för att försäkra sig om att eleverna bekantat

sig med materialet skall informationen behandlas i grupp. Utförandet av laborationerna kan ej heller förverkligas av elever utan handledning, av en lärare.

Praktiska arbeten är en naturlig del av undervisningen i naturvetenskapliga ämnen, eftersom utvecklingen av ämnena skett genom försök och misstag. Det är därmed skäl att komma ihåg att inkludera denna i undervisningen, för att åskådliggöra de fenomen som behandlas på mikronivå. Detta beaktas i undervisningspaketet, där några lämpliga laborationer för fenomenen i atmosfärens kemi beskrivs. Utförandet och planeringen av laborationer utvecklar mångsidiga färdigheter hos eleven då hon skall planera, utföra, tolka och dra slutsatser av laborationen. För att det praktiska arbetet skall vara fruktbart bör behandlingen och diskussionen vara ändamålsenlig och mångsidig, detta förutsätter stöd och handledning av kemiläraren. Läraren bör stöda eleverna i att skapa den förståelse de bör uppnå samt att kunna hjälpa eleverna att koppla ihop fenomenet de observerat på makronivå med kemin på mikronivå.

Kemiundervisningen bör följa läroplanen och samtidigt följa med de förändringar denna genomgår. Undervisningen av kemi utvecklas ständigt, i och med att undersökningar utförs och resultaten publiceras. Utvecklingen berikar kemiundervisningen, dels metodmässigt och dels innehållsmässigt. Det digitala undervisningsmaterialet, atmosfärens kemi, utgör en del av utvecklingen för kemiundervisningen i och med att det utgör ett hjälpmedel för undervisningen av kemi i fortsättningen. I och med att lärarna har tillgång till ett lämpligt material motiverar det även undervisningen av ett viktigt tema med tanke på vår framtid och framtiden för vår omgivning. Miljökemin begränsar sig dock inte till atmosfären, utan utgör en helhet tillsammans med antrosfären och hydrosfären. Undervisningsmaterial för undervisning av dessa teman skulle vara välkommet i framtiden. I och med att undervisningsmaterialen ständigt utvecklas hoppas jag på att i framtiden kunna använda flera lämpliga digitala material som stöd för undervisningen av kemi.

## 9. Referenser

Aksela M. & Juvonen R., 1999, *Kemian Tänään -tutkimus*, Edita, Helsinki.

Aksela M., 2003, *Luentomuistiinpanot: Kemia Tieteenä Yhteiskunnassa*.

Aksela M., 2003, *Luentomuistiinpanot, Johdatus kemian opetukseen*.

Aksela M., 2005, *Supporting meaningful Chemistry learning and Higher-order Thinking through Computer-Assisted Inquiry: A Design Research Approach*, Doktorsavhandling, Helsingfors Universitet.

Anastas P., 1998, *Green Chemistry : Theory and Practice*. Oxford University Press, Oxford.

Anon. 2004, *Grunderna för läroplanen för den grundläggande undervisningen*, Helsingfors, Utbildningsstyrelsen.

Anon. 2004, *Grunderna för gymnasiet läroplan*, Helsingfors, Utbildningsstyrelsen.

Anon. 1994, *Grunderna för läroplanen för den grundläggande undervisningen*, Helsingfors, Utbildningsstyrelsen

Anon. 1994, *Grunderna för gymnasiet läroplan*, Helsingfors, Utbildningsstyrelsen.

Aspholm S., Hirvonen H., Hongisto J., Lavonen J., Penttilä A., Saari H., Viiri J., 2001, *Oktetten*, Gummerrus Printing, Jyväskylä.

Baird C., 1997, *Environmental Chemistry*, W.H.Freeman & Company, USA

Barnea N., 2000, *Teaching and Learning about Chemistry and Modelling with Computer managed Modelling System*, Kap. 16, 307-323.

Barton R., 2004, Teaching Secondary Science with ICT, MPG Books Ltd, Cornwall, Storbritannien.

Cantell H. (red.), 2004, Ympäristökasvatuksen käsikirja, PS-kustannus, WS Bookvelli Oy, Juva.

Dede C., 2004, If Design-Based Research is the Answer, What is the Question?, Journal of the Learning Sciences, 13(1), 105-114.

DotSafe-materialet, <http://www.edu.fi/SubPage.asp?path=498;3293;14614;14382> (14.6.2005)

Gettys N., Jacobsen E., 2003, Acid Raindrops Keep Fallin´in My Lake, Journal of Chemical Education, Vol. 80, 40A.

Haavisto A., Nikkola J., Viljanmaa L., 1986, Gymnasiekemi 2, Ykkös-Offset, Vasa.

Hallam S., Nott M., Wellington J., 1996, When the Black Box Springs Open: Practical Work in Schools and Nature of Science, *International Journal of Science Education*, 18, 807-818

Hjersén D., Anastas P., Ware S., Kirchoff M., 2001, Green Chemistry: Progress and Challenges Worldwide Green Chemistry initiatives are on the rise. Environmental Science and technology Feature, Vol.35, 114-119.

Hodson D., 1998, Teaching and Learning Science; towards a personalized approach, Open UP, Buckingham.

Hoffman J.L., Wu Hsin-Kai, Krajcik Joseph S., Soloway Elliot, 2002, The Nature of Middle Scholl Learners´Content Understandings With the Use of On.line Resources, Journal of Research in Science Teaching, Vol. 40, 323-346 (2003).

Ilmatieteen laitos; [http://www.fmi.fi/tuotteet/tutkimus\\_4.html](http://www.fmi.fi/tuotteet/tutkimus_4.html) (30.7.2005)

Kanerva K., Karkela L., Valste J., 1995, Katalys 3, Werner Söderström Oy, Borgå.

Khalid T., 2003, Pre-service High School Teachers' Preceptions of Three Environmental Phenomena, *Environmental Education Research*, Vol. 9(1), 35-50.

Koivisto J., Huovinen L., Vainio L., 1999, Opettajat oppimisympäristöjen rakentajina - tieto- ja viestintätekninen näkökulma tulevaisuuteen, Opetushallitus, Helsinki.

Kokeellisuus Kemian Opetuksessa, *Demonstraatio-opas*, 7-13, Maol ry.

Kronholm J., 2000, *Föreläsninganteckningar: Ympäristökemian kurssi- Vihreä kemia*, Helsingfors Universitet.

Kurki-Suonio K., Kurki-Suonio R., 1994, *Fysiikan merkitykset ja rakenteet*, Limes, Helsinki.

Kärnä P., Leskinen M., Montonen M., Repo K., Wennström U., 2000, *Topp, Ykkös-Offset*, Vasa.

Lavonen J., Meisalo V., <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/main.htm> , 28.6.2005

Lavonen J., Meisalo V., 1994, *Fysiikka ja kemia opetussuunnitelmassa*, Helsinki, Opetushallitus.

Lavonen J., Meisalo V., 1997, *Luonnontieteiden opetuksen kokeellisuus ja mittausautomaatio. opettajankoulutuslaitos. LUONTI-projekti*. Helsingin Yliopisto.

Lijmbach S., 2002, Your View is not Mine!: learning about pluralism in the classroom, *Environmental Education Research*, Vol. 8, 120-135.

Loughland T., Reid A., Walker K., Petocz P., 2003, Factors Influencing Young People's Conceptions och Environment, *Environmental Education Research*, 9, 3-20.

Ikonen P., 2004, Uudentyyppinen demonstraation on silta arkitiedosta tieteeseen, Kemia-Kemi.

Ilmatieteen laitos; [http://www.fmi.fi/kuvat/Hiukkasiailmassa\\_LR\\_2.pdf](http://www.fmi.fi/kuvat/Hiukkasiailmassa_LR_2.pdf) (1.8.2005)

Joyce B., Weil M., 1996, Models of Teaching, Allyn & Bacon, Storbritannien.

McLaughlin M.W: 1990, The Rand Change Agen Study Revisited: Macro Perspectiver and Micro Reality, *Educational Researcher*, 12, 11-16.

Meisalo V., Sutinen E., Tarhio J., 2003, Modernit oppimisympäristöt – Tieto- ja viestintäteknikka opetuksen ja opiskelun tukena, Tietosanoma Oy, Pieksamäki.

Miljöministeriet, 2005, JOHANNESBURGIN KESTÄVÄN KEHITYKSEN TOIMINTAOHJELMAN TOIMEENPANO SUOMESSA, Tilannekatsaus maaliskuussa 2005:toteutuneet tavoitteet ja tulevaisuuden haasteet. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=32267&lan=sv>

Nakleh M.B., 1992, Why Some Students Don't learn Chemistry, *Journal of Chemical Education*, 69, 191-196.

Schmidt K., 1996, Green Education Under Fire, *Science*, Vol. 274, 1828-1830.

Pruneau D., Gravel H., Bourque W., Lagnis J., 2003, Experimentation with a Socio-constructivist Process for Climate Change Education, *Environmental Education Research*, Vol 9., 429-446.

Rautiainen R. (red.), 1998, Yhteinen Tulevaisuutemme: ympäristön ja kehityksen maailmankomission raportti, Valtion Painatuskeskus.

Seinfeld J.H., Pandis S.N., 1998, Atmospheric Chemistry and Physics-from Airpollution to Climate Change, John Wiley Sons, USA.

Sinko M., Lehtinen E. (toim.), 1998, Bitit ja pedagogiikka, Atena Kustannus, Jyväskylä.

Säteilyturvakeskus; <http://www.stuk.fi/> (30.7.2005)

Tobin K., Tippins D.J., Gallard A.J., 1994, Research on Instructional Strategies For Teaching Science, 45-87.

Utbildningsstyrelsen, 2002, Kestävän Kehityksen Edistämishjelma vuosille 2002-2004, Helsinki.

van Loon G.W., Duffy S.J., 2004, Environmental Chemistry-a Global Perspective, Oxford Univeristy Press, USA.

## 10. Bilagor

- undervisningspaket
- frågeformulär för utvecklingen av materialet



## **Frågeformulär för utvecklandet av webbsidan atmosfärens kemi**

**Namn:** \_\_\_\_\_

**Yrke:** \_\_\_\_\_

Vad förväntar du dig av ett undervisningspaket som behandlar atmosfärens kemi?

Vad tycker du saknas från paketet?

Vilka praktiska brister har paketet? (felaktiga linkar, svårt att hitta saker man söker etc.)

Hur skulle man kunna utveckla paketet utseendemässigt?

Hurdana problem tror du kan användningen av paketet medföra? Hur kunde detta åtgärdas?

*Tack!*